

# **UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y  
AUTOMÁTICA  
LABORATORIO DE SISTEMAS INTELIGENTES



## **DISEÑO DEL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN Y DRIBBLING DE UN MICROROBOT**

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA

Autor: Adrián Herraiz Pérez.  
Tutor: JoséMaría Armingol Moreno  
Leganés ,Enero 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

Ahora que la carrera está acabando se viene a la cabeza todos los momentos, tanto buenos como malos, por los que he pasado en esta empresa, y lo complicado que ha sido conseguir terminar el proyecto que he realizado.

Pero gracias al estudio y a las buenas personas que estaban conmigo esto llega a su fin.

En primer lugar me gustaría dar gracias a mi familia que siempre ha estado presente en los malos momentos y en los buenos, apoyándome desde el primer día hasta el último.

También me gustaría dar gracias a mis amigos por que han estado conmigo en las horas de estudio infinitas y en los momentos de celebración. Sin ellos el camino hubiese sido mucho más largo.

Dar las gracias a mi compañero Daniel por su aporte en este proyecto ya que este proyecto es en gran parte gracias a él.

Gracias a mi tutor José María Armingol que por su parte todo ha sido mucho más fácil y nunca ha puesto ninguna objeción al trabajo realizado. Me aconsejaron realizar el Trabajo Fin de Grado con él y ha sido toda una satisfacción llevar a cabo esta empresa con él.

Por último también quería agradecer a la gente de oficina técnica por su trabajo y su paciencia a la hora de tratar con nosotros.

Muchas gracias.

## **INDICE**

ÍNDICE.	.3
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.	.6
ACRÓNIMOS..	.8
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.	.9
1.1.- Breve evolución historia.	.10
1.2.- Justificación del proyecto.	.12
1.3.- Objetivos.	.13
1.3.1.- Objetivo global del proyecto.	.13
1.3.2.- Objetivo particular del proyecto.	.14
1.4.- FASES DE DESSARROYO.	.15
1.5.- MEDIOS EMPLEADOS.	.16
1.6.- ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.	.16
CAPÍTULO 2: REGLAS DEL JUEGO-2012..	.18
2.1.- Ley 1 - El terreno de juego.	.19
2.2.- Ley 2 - El balón.	.22
2.3.- Ley 3 - El número de robots.	.23
2.4.- Ley 4 - El equipo de robótica.	.24
2.5.- Ley 5 - El árbitro.	.29
2.6.- Ley 6 - El árbitro asistente.	.32
2.7.- Ley 7 - La duración del partido..	.33
2.8.- Ley 8 - Inicio y reanudación del partido.	.34
2.9.- Ley 9 - El balón en juego y parado.	.36
2.10.- Ley 10 - Método de tanteo.	.37
2.11.- Ley 11 - Fuera de juego.	.38
2.12.- Ley 12 - Faltas y conducta antideportiva.	.38
2.13.- Ley 13 - Tiros libres.	.41



2.14.- Ley 14 - El tiro de penalti.	. . . . .	.42
2.15.- Ley 15 - El saque de banda.	. . . . .	.44
2.16.- Ley 16 - El saque de puerta.	. . . . .	.45
2.17.- Ley 17 - El saque de esquina..	. . . . .	.45
2.18.- Ley 18 - Apéndice A - Reglas de competencia.	. . . . .	.46
2.19.- Ley 19 - Apéndice B - Expertos en visión.	. . . . .	.47
CAPÍTULO 3: COMPOSICIÓN DEL MICROROBOT F180.	. . . . .	.49
3.1.- Sistema de visión.	. . . . .	.50
3.2.- Sistema de inteligencia artificial.	. . . . .	.50
3.3.- Sistema de control del árbitro.	. . . . .	.50
3.4.- Robots.	. . . . .	.51
3.5.- Los partidos F180.	. . . . .	.52
3.6.- Arquitectura del microrobot F180.	. . . . .	.52
3.6.1.- Sistema de procesamiento.	. . . . .	.52
3.6.2.- Sistema de locomoción.	. . . . .	.53
3.6.2.1.- El desplazamiento diferencial	. . . . .	.54
3.6.2.2.- Tracción síncrona.	. . . . .	.55
3.6.2.3.- Ruedas directrices o triciclo.	. . . . .	.56
3.6.2.4.- Tracción Ackerman.	. . . . .	.57
3.6.2.5.- El desplazamiento omnidireccional.	. . . . .	.57
3.6.3.- Sistema de alimentación.	. . . . .	.59
3.6.4.- Estructura.	. . . . .	.60
3.6.5.- Sistema de disparo.	. . . . .	.60
3.6.6.- Sistema dribbler.	. . . . .	.61
CAPITULO 4: Sistema de locomoción.	. . . . .	.63
4.1.- Clasificación de los sistemas de locomoción.	. . . . .	.63
4.2.- Sistema de locomoción del prototipo 2010.	. . . . .	.63
4.3.- Sistema de locomoción del prototipo 2011.	. . . . .	.65

4.4.- Sistema de locomoción del prototipo 2012.	. . . . .	.67
4.5.- Sistema de locomoción del prototipo 2013/2014.	. . . . .	.68
4.5.1.- Modificaciones en la estructura.	. . . . .	.71
4.5.2.- Modificaciones en el disparador.	. . . . .	.73
CAPÍTULO 5: SISTEMA DRIBBLER.	. . . . .	.77
5.1.- Sistema dribbler del prototipo 2010.	. . . . .	.77
5.2.- Sistema dribbler del prototipo 2011.	. . . . .	.79
5.3.- Sistema dribbler del prototipo 2013/2014.	. . . . .	.82.
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.	. . . . .	.87
6.1.- Posibles mejoras.	. . . . .	.88
CAPÍTULO 7: PRESUPUESTO.	. . . . .	.89
7.1.- Coste material.	. . . . .	.89
7.2.- Coste personal.	. . . . .	.91
7.3.- Presupuesto final	. . . . .	.92
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA.	. . . . .	.93
CAPÍTULO 9: ANEXOS.	. . . . .	.94

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

### **Capítulo 1: Introducción.**

Ilustración 1.1.- Equipo de la robocup.	.9
Ilustración 1.2.- Logotipo de la robocup.	.10
Ilustración 1.3.- Robot humanoide.	.11
Ilustración 1.4.- Partido de la robosoccer smalligue.	.12
Ilustración 1.5.- Logotipo LSI.	.13
Ilustración 1.6.- Prototipo 2012.	.15
Ilustración 1.7.- Logotipo AutoCad.	.16

### **Capítulo 2: Reglas del juego - 2012.**

Ilustración 2.1.- Dimensiones del campo de juego.	.19
Ilustración 2.2.- Medidas de la portería.	.21
Ilustración 2.3.- Dimensiones máximas robot.	.24
Ilustración 2.4.- Área mínima superior del robot.	.25
Ilustración 2.5.- Patrón estándar para robocup 2013.	.26
Ilustración 2.6.- Asignación de colores estándar para la robocup 2013.	.26
Ilustración 2.7.- Sistema de regateo.	.27
Ilustración 2.8.- Como se debe coger la pelota.	.40

### **Capítulo 3: Composición del microrobot F180**

Ilustración 3.1.- Arquitectura del sistema.	.49
Ilustración 3.2.- Partes funcionales de un robot F180.	.51
Ilustración 3.3.- Módulo de control desarrollado por la LSI Eurobot 2008.	.53
Ilustración 3.4.- Controlador comercial RCM4400-Rabbit.	.53
Ilustración 3.5.- Tracción diferencial.	.54
Ilustración 3.6.- Tracción síncrona.	.55
Ilustración 3.7.- Ruedas directrices.	.56
Ilustración 3.8.- Tracción Ackerman.	.57
Ilustración 3.9.- Rueda omnidireccional.	.58
Ilustración 3.10.- Ejemplo plataforma de Killough.	.58
Ilustración 3.11.- Ejemplo de batería.	.59
Ilustración 3.12.- Estructura de un robot F180.	.60
Ilustración 3.13.- Opción de sistema de disparo robot F180.	.60
Ilustración 3.14.- Comparativa sistema de disparo.	.61
Ilustración 3.15.- Modelo de sistema dribbler.	.61
Ilustración 3.16.- Dribbler RoboRoos.	.62

### **Capítulo 4: Sistema de locomoción.**

Ilustración 4.1.- Rueda 2051K.	.64
Ilustración 4.2.- Acoplamiento rueda.	.64
Ilustración 4.3.- Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada.	.64
Ilustración 4.4.- Base con los motores y ruedas omnidireccionales.	.65
Ilustración 4.5.- Rueda omnidireccional VEX 2.75".	.65
Ilustración 4.6.- Montaje completo sobre la base del robot de 2011.	.66
Ilustración 4.7.- Dimensiones del prototipo 2011.	.67
Ilustración 4.8.- Diferencias entre los prototipos 2011 y 2012.	.67

Ilustración 4.9.- Montaje completo sobre las base del robot de 2012.	.68
Ilustración 4.10.- 2.75" Omnidirectional wheel - Double roller.	.68
Ilustración 4.11.- Robot 50/17/14mm universal rueda.	.69
Ilustración 4.12.- Casquillo.	.69
Ilustración 4.13.- Escuadra de sujeción de las ruedas.	.70
Ilustración 4.14.- Montaje final con ruedas Robot 50/17/14mm universal.	.70
Ilustración 4.15.- Base de la estructura antigua.	.71
Ilustración 4.16.- Base de la estructura del prototipo 2013/2014.	.72
Ilustración 4.17.- Carcasa modificada.	.73
Ilustración 4.18.- Carrete modificado.	.74
Ilustración 4.19.- Tornillo sin fin modificado.	.74
Ilustración 4.20.- Prisionero del carrete.	.75
Ilustración 4.21.- Disparador modificado.	.75
Ilustración 4.22.- Escuadra de las ruedas.	.76
Ilustración 4.23.- Robot con las ruedas VEX.	.76

## **Capítulo 5: Sistema Dribbler.**

Ilustración 5.1.- Motor dribbler 2010..	.77
Ilustración 5.2.- Barra dribbler 2010.	.78
Ilustración 5.3.- Circuito de activación del dribbler 2010.	.78
Ilustración 5.4.- Soporte para el dribbler del prototipo 2010.	.78
Ilustración 5.5.- Dribbler del prototipo 2010.	.79
Ilustración 5.6.- Motor MFA/Como Drills 94D41.	.79
Ilustración 5.7.- Engranajes de la transmisión.	.80
Ilustración 5.8.- Soportes de fijación del dribbler 2011.	.80
Ilustración 5.9.- Barra del dribbler 2011.	.81
Ilustración 5.10.- Sistema dribbler del prototipo 2011.	.81
Ilustración 5.11.- Pistón del disparador.	.82
Ilustración 5.12.- Pistón girado.	.83
Ilustración 5.13.- Conjunto del disparador.	.83
Ilustración 5.14.- Soportes del dribbler.	.84
Ilustración 5.15.- Rodamientos dribbler.	.84
Ilustración 5.16.- Transmisión dribbler.	.85
Ilustración 5.17.- Cinta adhesiva con gomaespuma.	.85
Ilustración 5.18.- Barra del dribbler del prototipo 2013/2014.	.86
Ilustración 5.19.- Dribbler del prototipo 2013/2014.	.86

## **ACRÓNIMOS**

- 3D→Tres Dimensiones
- AIBO→ Artificial IntelligenceroBOt
- CAD→ComputerAidedDesign (Diseño Asistido por Ordenador)
- CAM→ComputerAidedManufacturing (Fabricación Asistida por Ordenador)
- CRI→ Centro de Rotación Instantáneo
- DC→ Corriente Continua (dc)
- DM→ Densidad Media
- IA→ Inteligencia Artificial
- IBM→ International Business Machines
- ID→Identificador
- IEEE→ Institute of Electrical and Electronics Engineers
- IRPF→ Impuesto sobre las Rentas de las Personas Físicas
- Kg→Kilogramo
- LiPO→ Litio Polímero (referido a baterías)
- LSI→ Laboratorio de Sistemas Inteligentes
- mAh→ Miliamperios-hora
- MAX→ Máximo/a
- mH→Milihenrio
- mm→ milímetros
- m/s→ metro por segundo
- NASA→NationalAeronautics and SpaceAdministration
- SSL→ Small Size League
- PC→ Personal Computer (Ordenador Personal)
- rpm→ Revoluciones por minuto
- UBC→University of British Columbia
- TFG→ Trabajo Fin de Grado
- V→Voltios
- W→Vatios
- $\mu$ F→Microfaradio
- Wi-Fi→ Wireless Fidelity



## **CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.**

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) trata de ilustrar la metodología y resultados del análisis y diseño del sistema de disparo y el sistema dribbling de un microrobot. En este primer capítulo, se intentará ofrecer al lector una visión general del objetivo del proyecto.

Para poder enfocar los objetivos del trabajo de estudio, es importante introducir las condiciones y características de la competición en la que se desea participar con este Microrobot, Robocup Small Soccer League, por ello a continuación se explica el origen de la competición y una breve evolución histórica, además de dedicarle un capítulo a las normas de la competición.

Enlazando con lo anterior, se desarrollarán los objetivos, tanto globales como particulares, que justifican la realización de este proyecto. Más concretamente, este trabajo se centra en el análisis y mejora de un prototipo de microrobot creado por el equipo Robosoccer 2010, los siguientes apartados tienen por objeto exponer la metodología de análisis empleada, comprobando cada uno de los sistemas que lo componen y decidiendo cuáles son las funciones a mejorar de forma que el nuevo diseño alcance las expectativas requeridas.

Debido al carácter práctico de este documento, se han estructurado los capítulos de manera que se describirá la situación inicial del sistema objeto de estudio, y a continuación se propondrán las posibles mejoras o modificaciones justificando el rediseño de algunos elementos.



**Ilustración 1.1.- Equipo de la Robocup**

## 1.1.- BREVE EVOLUCIÓN HISTÓRICA.

El objetivo de este proyecto es crear un prototipo de microrobot capaz de competir en la RoboCup Soccer Small Size League, una liga que, basándose en el juego del fútbol, incentiva la investigación y desarrollo de la tecnología robótica. Dicha competición organizada a nivel internacional, consta de diferentes disciplinas y modalidades en función del tipo de robot y/o la finalidad de la competición.

La meta final de la organización de RoboCup es alcanzar hacia la mitad de siglo XXI la tecnología necesaria para desarrollar un equipo de robots autónomos humanoides que se enfrenten en un partido de fútbol a la selección humana campeona del mundo en ese mismo año, y lograr derrotarla. Por ello, la competición consta de diferentes líneas de investigación que promueven disciplinas diferentes y enriquecen esta tecnología con nuevos sistemas inteligentes y colaborativos.

Todo esto ha sido posible gracias a la irrefrenable carrera tecnológica en la que se ha sumergido al mundo científico, buscando nuevas maneras de trabajar y soluciones para los problemas tanto técnicos como cotidianos de las personas. Así, a lo largo de los últimos, años la humanidad ha podido presenciar grandes avances en el campo de la robótica y la inteligencia artificial.

Después de una serie de estudios de viabilidad tanto técnica y económica, como de impacto social, en junio de 1993, los japoneses Minoru Asada, YasuoKuniyoshi y HiroakiKitano decidieron iniciar la primera competición robótica bajo el nombre Robot J-League. Tras unos pocos meses, la competición se amplió a nivel mundial por petición de la comunidad científica internacional. Así nació “The Robot World Cup Initiative”, más conocido con el nombre RoboCup[8]. La primera competición oficial se celebró en 1997, con la participación de 40 equipos y 5.000 espectadores, lo que le propició un éxito incuestionable.



**Ilustración 1.2.- Logotipo de la Robocup**

La Federación RoboCup es una organización internacional registrada en Suiza, cuya misión es promover la ciencia y la tecnología a través de robots y agentes de software que juegan fútbol, a través de la comunidad científica mundial. Se permite la creación de comités de calado nacional para fomentar la participación global. En 2007 se creó el comité español (SpanishRoboCupNationalCommittee), reconocido por la federación [8] y que sirve como interlocutor entre la organización internacional y las iniciativas locales. A pesar de esto, tan solo un equipo ha participado de manera sustancial en los últimos años, aunque esta participación va aumentando y se pueden encontrar otros grupos en las diferentes disciplinas.

Todas las competiciones de robots basadas en el fútbol buscan investigar y desarrollar un equipo de robots autónomos, que actúen de forma cooperativa, es decir, con un mismo fin, y enfrentándose a un entorno dinámico.

Actualmente existen diferentes modalidades de campeonatos de fútbol para robots, según la morfología del robot y la normativa que les rige. A continuación se destacan las cinco categorías que organiza RoboCup Soccer [8]:

- Liga de simulación: Es la competición de mayor trayectoria histórica y se centra en el desarrollo de la inteligencia artificial y la estrategia de equipo, ya que no existen robots físicos. Se trata de once agentes virtuales que se enfrentan en un terreno de juego virtual. A su vez, hay dos modalidades dentro de esta liga: podemos encontrar simuladores de dos dimensiones o 3D.
- Liga de plataforma estándar: Consiste en proporcionar a todos los equipos el mismo robot, liberando el diseño hardware del mismo, y por lo tanto incentivando el desarrollo a nivel de software.
- Liga de robots humanoides: En este caso, los robots toman forma humanoide, lo que hace más difícil el equilibrio, al poseer únicamente dos apoyos, y tener que patear el balón. Es la única liga en la que se permite la intervención humana. Se divide a su vez en tres sub-ligas en función del tamaño de los robots, a saber, “teensize”, “kidsize” and “adultsize”.



**Ilustración 1.3.- Robot humanoide.**

- Liga de robots de tamaño pequeño (Small Size): Dos equipos de cinco robots cada uno, con un tamaño no mayor a un cilindro de 180 mm de diámetro y 150 mm de altura juegan al fútbol en un campo de dimensiones definidas con una pelota de golf. Los robots son totalmente autónomos y un sistema central de visión obtiene la información del ambiente y de los robots, mientras un sistema de control envía instrucciones de manera inalámbrica a los robots. Se centra en la problemática del control y cooperación de robots inteligentes bajo una alta variabilidad del entorno. Es también conocida como SSL por sus siglas en inglés aunque su nombre oficial es F180 (proviene de los 180mm de diámetro máximo de los robots).



**Ilustración 1.4.- Partido de la robosoccer smalligue**

- Liga de robots de tamaño medio: Los equipos están formados por un número de hasta seis robots, cuyo diámetro no debe superar los 50cm, y que compiten con una pelota de tamaño normal de fútbol. Poseen sensores integrados para obtener información del ambiente y un sistema de visión local.

El presente documento se centra en el diseño y construcción de un robot prototipo para la competición SSL (Small Size League). El equipo debe estar formado por cinco robots autónomos capaces de reconocer su posición dentro del terreno de juego, la posición de la pelota, y de otros obstáculos como puede ser el resto de robots. Además deben calcular su trayectoria, interceptar la pelota y golpearla según las decisiones del sistema central de IA. Todo ello respetando escrupulosamente las normas del concurso, empezando por las especificaciones dimensionales permitidas.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

A través del departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, en concreto el Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI), la universidad trata de promover entre la comunidad académica la participación en las diferentes competiciones tanto de calado nacional como internacional. Así, se puede recalcar la participación de la universidad en la competición EUROBOT[1], durante diversos años, tras los que ha logrado notables resultados. El LSI funciona como centro de investigación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en diversos campos, a saber, inteligencia artificial, comportamiento autónomo, visión por computador, etc. Su principal logro es aunar estudiantes de diferentes especialidades para colaborar en proyectos conjuntos y aprovechar las sinergias que se producen en este conjunto multi-disciplinar. Por todo lo anterior, resulta ser el lugar y la organización adecuados para desarrollar el presente proyecto.

Se ha escogido este proyecto por las altas expectativas de su objetivo y el reconocimiento mundial alcanzado. Tal y como se ha mencionado anteriormente, el objetivo último de la competición es obtener un equipo de robots autónomos e inteligentes capaces de enfrentarse a un equipo de personas, para el año 2050. El objetivo es desarrollar un equipo completo de cinco robots para formar parte de la liga SSL, y participar de manera competitiva.

Para ello se trabaja actualmente con un primer prototipo en el que se estudiarán las funcionalidades y características propias, para depurar y mejorar los sistemas tanto físicos como los relacionados con el software.

Cabe destacar el papel del departamento de informática de la universidad, cuya misión es desarrollar las tácticas y estrategias que se ejecutarán a alto nivel y que generará las instrucciones de actuación a los miembros del equipo. Este sistema estará alimentado por el sistema de visión común a ambos equipos, y se comunicará a través de Wi-Fi con los robots de su mismo equipo.

### 1.3. OBJETIVOS

El Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI) perteneciente a la universidad, funciona como un centro de investigación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en diversos campos, como por ejemplo, inteligencia artificial, comportamiento autónomo, visión por computador, etc. Gracias a este carácter multidisciplinar, se decidió participar en la Robocup SSL, ya que engloba varias de las ramas de las que se compone el departamento.



**Ilustración 1.5: Logotipo LSI**

Cabe destacar el papel del departamento de informática de la universidad, cuyo objetivo es el desarrollo de tácticas y estrategias que generaran las instrucciones de los integrantes del equipo.

#### 1.3.1. Objetivo global del proyecto

El objetivo general del proyecto es la participación en la competición SSL con un equipo autónomo que represente a la Universidad Carlos III. La participación está ligada a que el robot cumpla una serie de normas impuestas por la competición.

Partiendo del objetivo principal, se realizan proyectos como este, encargados del diseño de los distintos módulos del robot, con el fin de dividir el trabajo entre varios estudiantes. Al final, se realizará un proyecto en el cual se unificarán todos los sistemas y se construirán los cinco robots teniendo en cuenta los demás trabajos. Estos proyectos son marcadamente prácticos.

Como se acaba de comentar, el microrobot F180 está formado por diferentes módulos, en concreto este proyecto se centrará en el desarrollo de una solución viable al sistema de disparo y al dribbler del robot.

. Además de estos, existen otros módulos que se deberán tener en cuenta en el diseño, ya sea por las interrelaciones entre ellos o por la funcionalidad misma del sistema. A continuación los describimos todos.

- **Sistema de procesamiento**, destinado al tratamiento de datos y de las comunicaciones. La composición de esta placa se basa en un microprocesador con entradas y salidas, tanto analógicas como digitales, para recibir o emitir las señales, y un sistema de comunicación capaz de transmitir vía Wi-Fi las señales deseadas.
- **Sistema de alimentación**, tiene la finalidad de proporcionar energía al resto de sistemas, tanto móviles como de procesamiento. Estará formado por una batería capaz de proporcionar suficiente autonomía y potencia al robot para operar libremente, y un módulo donde conectar los elementos necesarios.
- **Sistema de locomoción**, permite el movimiento libre y rápido del robot en cualquier dirección. Utiliza un tipo de ruedas multidireccionales (denominadas omnidireccionales); además de los motores y el sistema de transmisión para generar el giro de estas ruedas.
- **Sistema de disparo**, permite golpear la pelota con diferentes intensidades según se realice un pase o un disparo a portería. Éste es uno de los sistemas que marcan la diferencia con el resto de competidores, ya que los puntos de cada partido se consiguen, en gran medida, gracias a la potencia y versatilidad del disparador.
- **Sistema de dribbling**, también conocido como regateo, sirve para mantener la pelota en posesión del robot, y desplazarla cuando resulte necesario, esquivando a los contrarios.
- **Estructura**, nos permite albergar todos los sistemas que se acaban de describir. Es necesaria una estructura sólida que los pueda sustentar y sujetar, además de protegerlos de elementos internos. Sirve también para identificar a los miembros del equipo y diferenciarlos de los contrarios. Este elemento será el que marque las dimensiones finales del robot, y por tanto, cumpla la normativa de la competición.

Para el correcto funcionamiento del robot, los sistemas mencionados deben operar de manera conjunta y coordinada.

Como ya se ha explicado, el presente documento se ha redactado teniendo en cuenta su utilización futura por el LSI, y los equipos de trabajo que participen en él (para la participación en la SSL), sirviendo como aglutinador de las experiencias y conclusiones adquiridas durante el desarrollo e implementación del proyecto.

### 1.3.2. Objetivo particular del proyecto

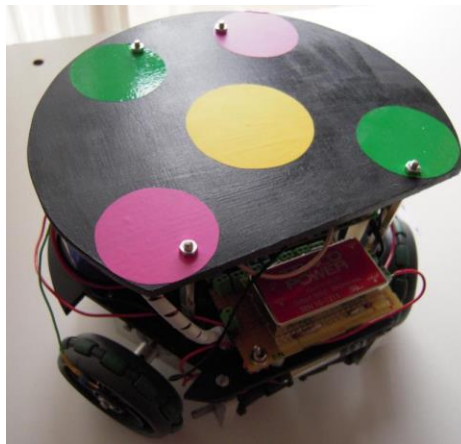
Este documento se centra en la optimización y modificación de los sistemas enumerados a continuación, sobre los existentes en el robot prototipo del año 2011 en el caso de la estructura y 2012 en el del sistema de disparo.

- **Estructura**: El presente documento se centra en solventar los problemas de diseño de la estructura, para albergar y sustentar los elementos hardware de todos los sistemas. Se estudiarán los posibles defectos de las anteriores estructuras y se adaptará la nueva estructura a los cambios realizados en los demás elementos del robot. Además, se justificará la ubicación y posición de cada uno de los elementos y materiales empleados.



- Sistema de disparo: En este proyecto se ha buscado mejorar el sistema propuesto en proyectos anteriores, otorgándole mayor rapidez de respuesta a la hora de realizar un golpeo, disminuyendo el espacio ocupado por el sistema y reduciendo el peso del mismo. Se justificarán las mejoras realizadas de cada uno de los elementos y materiales empleados, además de la ubicación.
- Sistema dribbler: El proyecto se centra en el desarrollo de un nuevo sistema de dribbling. Se busca conseguir que el robot amortigüe bien la pelota al recibirla y pueda conducir la pelota por el campo sin que esta se despegue del robot. Las mejoras y los materiales utilizados en cada uno de los elementos se justificarán en los apartados correspondientes.

En los casos en los que se demuestre que los sistemas implementados con anterioridad no son óptimos, se propone, diseñar e implementar una nueva solución que corrija las carencias detectadas, siempre que se cumplan las reglas y normativas de la competición.



**Ilustración 1.6: Prototipo 2012**

### 1.4. FASES DE DESARROLLO

Para la realización de este proyecto se han estudiados los sistemas existentes desarrollados para los prototipos anteriores. Se han buscado las deficiencias en el funcionamiento del robot y las posibles mejoras.

La elaboración de las nuevas piezas se han basado, en gran medida, en los sistemas de años anteriores, diseñándose para su fabricación en los casos que han sido posible, o comprándolas si su fabricación no fuese viable.

En primer lugar, se ha observado el funcionamiento del robot en conjunto, evaluando las funciones diseñadas. El posterior estudio de los diferentes sistemas se ha realizado por separado, para estudiar más tarde las interacciones entre ellos, de forma que el diseño de los distintos sistemas se ha llevado a cabo de forma paralela; lo más parecido posible al método de ingeniería concurrente. Por ejemplo, si se detectan ciertos problemas en la movilidad del robot, se estudiarán los sistemas implicados: locomoción, disparo... Tomando soluciones concretas, pero teniendo en cuenta las alteraciones en otros sistemas como pueden ser los elementos estructurales del robot y proponiendo una solución que satisfaga los requerimientos de

cada uno de los sistemas. De esta forma se garantiza la mejora global del robot, ya que se evita el riesgo de conseguir un diseño de alta calidad para uno de los sistemas, a costa de restar funcionalidad a los demás.

Por último se han analizado las mejoras conseguidas y se han evaluado los futuros trabajos para el próximo prototipo de la Small Size League.

### **1.5. MEDIOS EMPLEADOS**

Para lograr alcanzar el objetivo de este proyecto, es necesario disponer de los recursos adecuados, ya sean medios humanos o físicos. El éxito de cualquier proyecto se basa en la adecuada selección y utilización de los medios necesarios. En este caso, se han empleado los medios facilitados por la Universidad, así como los conseguidos por los alumnos implicados directamente en el desarrollo del proyecto.

En cuanto a los medios humanos empleados cabe destacar el apoyo de las personas implicadas en este proyecto, en concreto, al profesorado de los departamentos de electrónica y automática. Otros medios humanos empleados son los profesionales de oficina técnica, encargados de la fabricación de ciertas partes del robot, y el personal del departamento de compras para gestionar los pedidos de los elementos seleccionados en el mercado.

Cabe destacar el uso de AutoCad[9], como programa empleado para el diseño de las diferentes piezas del robot. Es un software de diseño asistido por ordenador para dibujos de dos y tres dimensiones. La palabra AutoCad viene de Auto, por la empresa creadora del programa, Autodesk, y por CAD, ComputerAidedDesign (Diseño Asistido por Ordenador). Este software ha resultado muy útil a la hora de diseñar las piezas para proceder a su posterior fabricación.



**Ilustración 1.7: Logotipo AutoCad**

### **1.6. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA**

El presente documento consta de nueve capítulos en los que se desarrolla el análisis y el diseño de los sistemas del microrobot F180. Con el fin de facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo.

Como se ha visto hasta ahora, a lo largo del primer capítulo se ha explicado la problemática a resolver, y el contexto del proyecto, así como los medios y los objetivos que se pretenden alcanzar.

En el segundo capítulo, se definen las reglas y normas para la participación del robot en la competición de Robocup SSL. Estos requisitos estarán presentes a lo largo



del desarrollo del proyecto, ya que son determinantes para la consecución del objetivo final, y crean el marco de especificaciones de los sistemas. Estas normas engloban desde las dimensiones máximas y mínimas del robot, hasta la dinámica y arbitraje de los partidos, que afectará en gran medida a la programación y definición de la estrategia del equipo.

A lo largo del tercer capítulo se describe la composición y los principales sistemas del microrobot F180. En este apartado se pretende dar una visión general de los distintos sistemas de los que se compone el robot, dando una visión global de su configuración y funcionamiento.

En los dos siguientes capítulos, nos centramos en los sistemas estudiados para este proyecto, sistema de locomoción y dribbler. Los dos presentan una breve introducción indicando el elemento que se va a analizar, un análisis del sistema de prototipos anteriores indicando las principales características y las soluciones adoptadas, y por último en el prototipo de 2013/2014 se detallan los cambios realizados según los problemas encontrados y la situación actual del prototipo.

Por último, se presenta un resumen de las mejoras y acciones implementadas, y la propuesta de posibles líneas de trabajo futuras; bajo el capítulo de conclusiones; así como un apartado dedicado al presupuesto para exponer los costes derivados del diseño y construcción del robot.

Como soporte y documentación del proyecto, se han incluido una sección de bibliografía con las referencias literarias y electrónicas consultadas; y un capítulo de anexos que recogen los catálogos, hojas de características y planos de los elementos del microrobot estudiados en este proyecto. No se ha querido incluir hojas de características de otros sistemas del microrobot por el gran volumen del proyecto, estos se pueden consultar en los proyectos en los que se desarrollaron específicamente esos sistemas.

## **CAPÍTULO 2: REGLAS DEL JUEGO-2012**

Este capítulo incluye las normas del concurso de la SSL para la edición del año 2012[8]. Se pretende proporcionar al lector la visión y conocimientos necesarios acerca de la competición, para facilitar la justificación de ciertos parámetros aplicados al diseño del microrobot. Estas normas se publican desde la federación de RoboCup, por lo que se ha tratado de transmitir esta información de la manera más fiel posible.

Estas líneas describen tanto la dinámica del juego y los partidos, como las normas de diseño y las dimensiones máximas que se deben cumplir. Por lo tanto, desde aquí se pueden extraer los objetivos y requerimientos que deben cumplir cada uno de los sistemas del robot. De acuerdo con el reglamento vigente se desarrollará, a lo largo del documento, la solución adoptada en cada sistema.

Los siguientes apartados describen detalladamente las normas de la competición:

- LEY 1 - El terreno de juego
- LEY 2 - El balón
- LEY 3 - El número de robots
- LEY 4 - El equipo de robótica
- LEY 5 - El árbitro
- LEY 6 - El árbitro asistente
- LEY 7 - La duración del partido
- LEY 8 - El inicio y la reanudación de juego
- LEY 9 - El balón en juego y parado
- LEY 10 - El método de puntuación
- LEY 11 - Fuera de juego
- LEY 12 - Faltas y conducta antideportiva
- LEY 13 - Tiros libres
- LEY 14 - El tiro de penalti
- LEY 15 - El saque de banda
- LEY 16 - El saque de puerta
- LEY 17 – El saque de esquina
- Apéndice A - Reglas de Competencia
- Apéndice B – Expertos en Visión

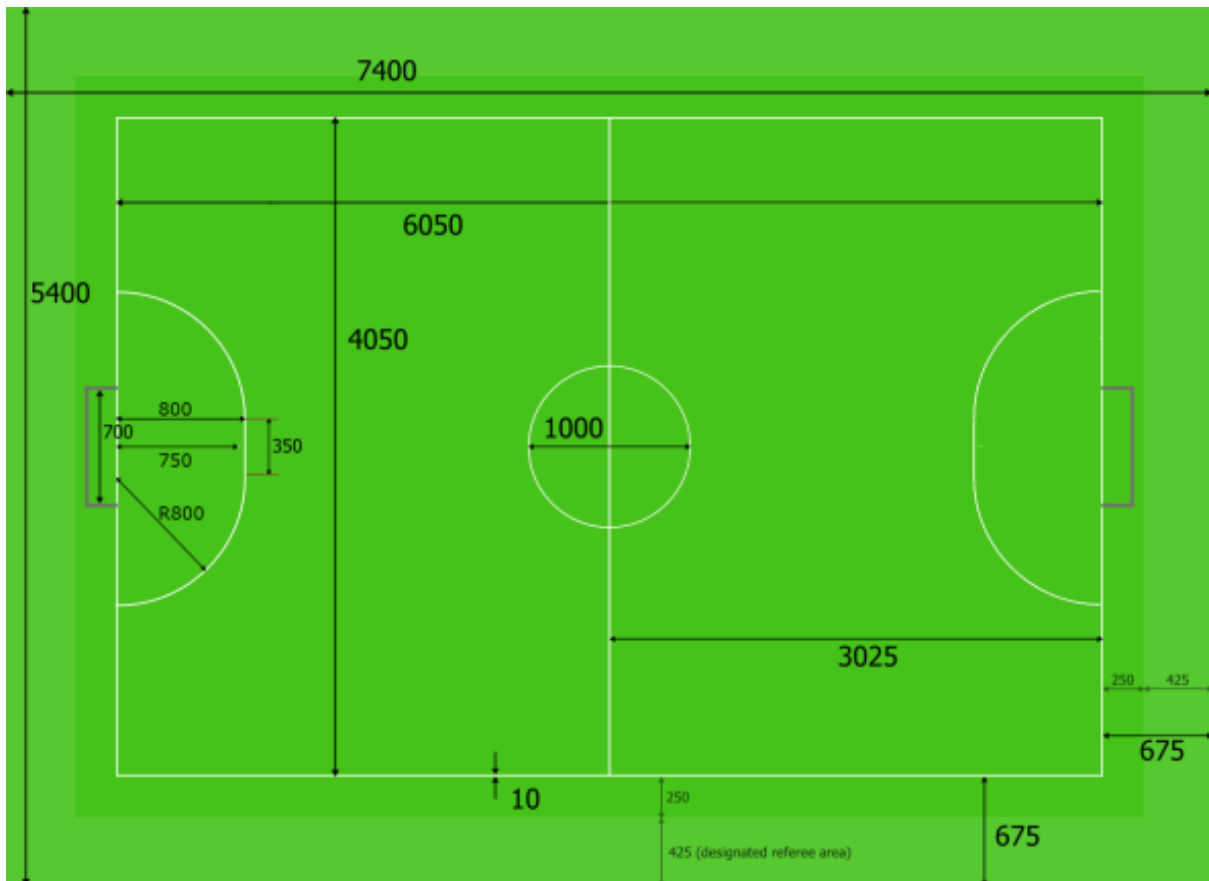
## 2.1. LEY 1 - EL TERRENO DE JUEGO

### Dimensiones

El campo de juego debe ser rectangular. Las dimensiones incluyen las líneas de contorno.

Longitud: 6050mm

Anchura: 4050m



**Ilustración 2.1.- Dimensiones del campo de juego**

### La superficie del campo

La superficie de juego es de color verde, de fieltro o moqueta. El suelo debajo de la alfombra debe ser una superficie nivelada, plana y dura.

La superficie del campo se aumentará 675 mm más allá de las líneas fronterizas por todo el contorno. Los 425mm del exterior de esta zona de escape se utilizan para el paso a pie del árbitro designado a esta zona (véase la Ley 5). En el borde de la superficie del campo, una pared de 100 mm de altura impedirá que la pelota y los robots salgan fuera del borde exterior.

## **Líneas del campo**

El campo de juego está marcado con líneas. Las líneas pertenecen a las áreas, de las que son las fronteras.

Los dos lados más largos se llaman los límites de contacto (las bandas). Los dos lados más cortos se llaman límites de gol.

Todas las líneas son de 10 mm de ancho y pintadas de blanco.

El campo de juego se divide en dos mitades por una línea en la mitad del campo.

La marca de centro del campo indica en el punto medio del campo y se caracteriza por estar rodeado de un círculo de 1000mm con un diámetro.

## **El Área de Defensa**

Un área de la defensa se define en cada extremo del campo de la siguiente manera:

Dos cuartos de círculo con un radio de 500mm se dibujan en el terreno de juego. Estos cuartos de círculo están conectados por una línea paralela a la línea de meta. La configuración exacta se muestra en la figura 2.1.

La zona delimitada por este arco y la línea de meta es el área de defensa.

## **Punto de penalti**

Dentro de cada área de la defensa se marca un punto de penalti que se sitúa a 450 mm desde el punto medio entre los postes y equidistante a ellos. La marca es un círculo de 10 mm de diámetro de pintura blanca.

## **Porterías**

Las porterías deben ser puestas en el centro de cada límite de gol. Constan de dos paredes laterales verticales de 160mm, unidas por detrás por una pared vertical de 160 mm.

La cara interna de la meta tiene que ser cubierta con un material absorbente de energía como la espuma para ayudar a absorber los impactos de las bolas y disminuir la velocidad de las desviaciones. Respecto a las porterías, las paredes, los bordes, y las tapas son de color blanco.

Hay una barra redonda de acero con forma de cruz que recorre la parte superior de la portería y está dispuesta en paralelo a la línea de meta. No tiene de más de 10mm de diámetro, pero es lo suficientemente fuerte para desviar el balón. La parte inferior de la barra está a 155mm de la superficie del campo, la barra es de color oscuro para reducir al mínimo la interferencia con los sistemas de visión. La parte superior de la meta está cubierta por una red fina para evitar que la bola pueda entrar en la portería desde arriba. Se sujeta de forma segura a la barra y las paredes de la portería.

La distancia entre las paredes laterales es de 700mm. La meta es de 180mm de profundidad. La distancia desde el borde inferior del larguero a la superficie de juego es de 150mm.

El piso interior de la portería es el mismo que el resto de la superficie de juego. Las paredes de la portería son de 20mm de espesor.

Las porterías deben estar ancladas firmemente a la superficie de terreno.

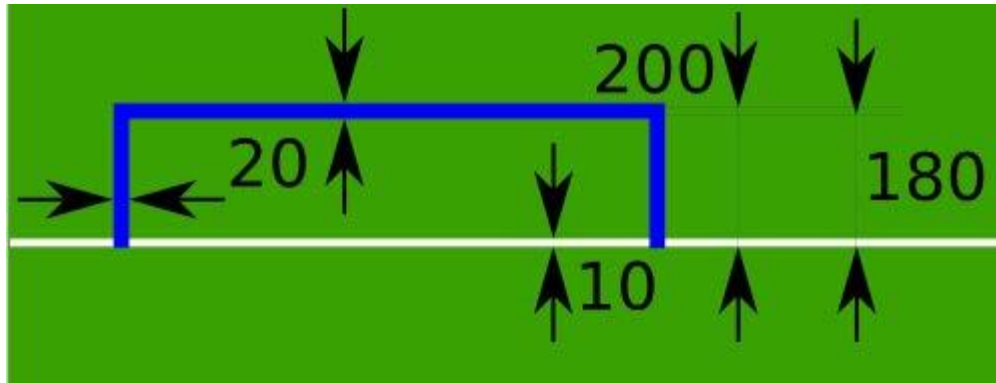


Ilustración 2.1: Medidas de la portería.

### Equipo para montaje de las cámaras

La barra de montaje tendrá 4 m de longitud sobre el terreno. La barra se coloca por encima de la línea media del campo de meta a meta. La barra debe montarse de forma segura para que no se descuelgue bajo una fuerza externa pequeña, y no debe doblarse o torsionarse de manera significativa debido al peso del equipo de vídeo.

### Sistema de visión compartida

Cada campo está provisto de un sistema centralizado de visión compartida y un conjunto de cámaras compartidas. Este equipo de visión compartida utiliza el software “SSL-Vision” para comunicar los datos de localización a los equipos vía Ethernet en formato paquete que será anunciado por los desarrolladores del sistema compartido de visión antes de la competición. Los equipos tendrán que asegurarse de que sus sistemas son compatibles con la salida del sistema compartido de visión y de que sus sistemas son capaces de manejar las propiedades típicas de los datos de sensorización del mundo real proporcionados por el sistema de visión compartida (incluyendo ruido, retraso, o detecciones ocasionales fallidas y errores de clasificación).

Además del equipo de visión compartida, los equipos no pueden montar sus propias cámaras u otros sensores externos, a menos que sean específicamente anunciados o permitidos por los respectivos organizadores de la competición.

El sistema de visión compartida en cada campo está bajo mantenimiento de uno o más expertos de visión. El proceso de selección de estos expertos será comunicado por los organizadores de la competición. El Apéndice B describe las labores de los expertos de visión.

## **Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size**

### **Decisión 1**

El comité organizador local debe proporcionar una luz difusa de condiciones uniformes, de aproximadamente 500 LUX como mínimo. No se utilizará un equipo de iluminación especial para proporcionar estas condiciones. El brillo no está garantizado ni se espera que esté completamente uniforme a través de la superficie del campo. Se espera que los equipos sean autosuficientes para hacer frente a las variaciones que se produzcan cuando se utiliza la iluminación ambiente. El comité organizador dará a conocer detalles de la iluminación de acuerdo a la competición tan pronto como sea posible.

### **Decisión 2**

Ningún tipo de publicidad comercial, ya sea real o virtual, está permitido en el terreno de juego y el equipo de campo (incluidas las redes y las áreas que delimitan) desde el momento en que los equipos entran en el terreno de juego hasta el descanso y desde éste hasta el momento en que vuelven a entrar en el terreno de juego hasta el final del partido. En particular, ningún material de publicidad de cualquier tipo puede aparecer dentro de los objetos o las paredes. Los equipos ajenos (cámaras, micrófonos, etc) también se ajustarán a estas normas.

### **Decisión 3**

El color específico y la textura de la superficie no se especifican y puede variar de una competición a otra (como los campos de fútbol reales pueden variar). La superficie por debajo de la alfombra estará nivelada y dura. Entre las superficies autorizadas se incluyen: cemento, linóleo, pisos de madera, madera contrachapada, mesas de ping-pong y tableros de partículas. Moqueta o superficies acolchadas no están permitidas. Se pondrá todo el empeño en asegurar que la superficie sea plana, sin embargo, corresponde a los equipos individuales el diseño de sus robots para hacer frente a la ligera curvatura de la superficie.

## **2.2 LEY 2 – EL BALÓN**

### **Calidad y Medidas**

La pelota es una pelota de golf estándar de color naranja. Ésta será:

- esférica
- de color naranja
- de aproximadamente 46 gramos de masa
- de aproximadamente 43 mm de diámetro

### **Sustitución de una pelota defectuosa**

Si el balón se vuelve defectuoso durante el transcurso de un partido:

- el partido se detiene
- el partido se reanuda mediante la colocación de la bola de sustitución en el lugar donde la primera bola se convirtió en defectuosa.

Si la pelota se vuelve defectuosa mientras no está en juego, es decir, durante un saque inicial, saque de puerta, saque de esquina, u tiro libre, un penalti o un saque de banda; el partido se reanuda de acuerdo a esa situación.

El balón no puede ser sustituido durante el partido sin la autorización del árbitro.

## **2.3. LEY 3 – EL NÚMERO DE ROBOTS**

### **Robots**

Un partido se juega con dos equipos, cada uno compuesto de no más de cinco robots, uno de los cuales deberá ser el portero. Cada robot debe ser claramente numerado de modo que el árbitro puede identificarlo durante el partido. El portero debe ser designado antes del comienzo del partido. Un partido no puede comenzar a menos que ambos equipos designen antes un portero.

### **Intercambio**

Los robots pueden ser intercambiados. No hay límite en el número de intercambios.

### **Procedimiento de intercambio**

Para el intercambio de un robot, se deben observar las siguientes condiciones:

- El intercambio sólo puede hacerse durante una interrupción del juego.
- El árbitro ha sido informado antes de que el intercambio se haga.
- El robot de intercambio entra en el campo de juego después de que el robot a sustituir ha sido eliminado.
- El robot intercambiado entra en el campo de juego en la línea del centro.

### **Cambiar el portero**

Cualquiera de los otros robots pueden cambiar de lugar con el portero, siempre que:

- el árbitro esté informado antes de efectuarse la modificación.
- el cambio se realice durante una interrupción en el partido.

### **Robots Expulsados**

Un robot que ha sido expulsado se puede intercambiar por otro robot que sale del campo.

## **Las decisiones del Comité Técnico F180**

### **Decisión 1**

Cada equipo debe tener un único controlador de robot encargado de realizar el intercambio cuando sea necesario. No hay otros miembros del equipo que puedan invadir el área que rodean el campo. El movimiento de los robots por el controlador no está permitido.

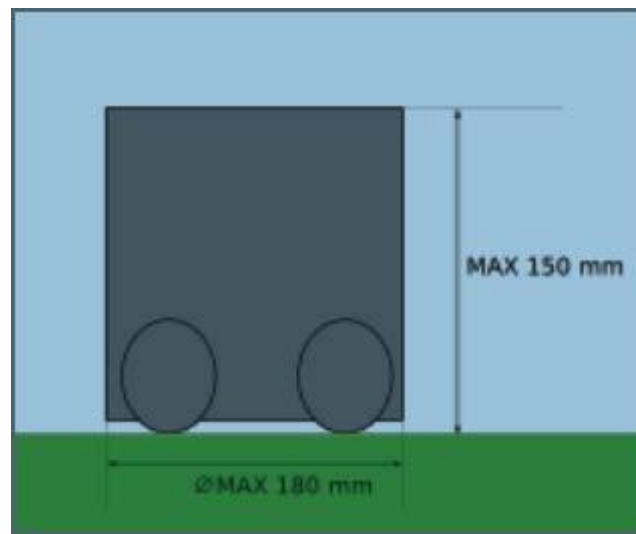
## **2.4. LEY 4 - EL EQUIPO DE ROBÓTICA**

### **Seguridad**

Un robot no debe tener nada en su construcción que sea peligroso para sí mismo, otro robot o para los seres humanos.

### **Forma**

El robot debe entrar en un cilindro de 180mm de diámetro y tener una altura de 150mm o menor. Adicionalmente, la parte superior de robot debe ajustarse al tamaño y forma del Patrón Estándar como se describe más abajo en esta misma Ley.



**Ilustración 2.3: Dimensiones máximas robot**

### **Locomoción**

Las ruedas del Robot (u otras superficies que entren en contacto con la superficie de juego) deben ser de un material que no dañe la superficie de juego.

### **Comunicación inalámbrica**

Los robots pueden utilizar la comunicación inalámbrica con las computadoras o las redes situadas fuera del campo.

### **Color del equipo**

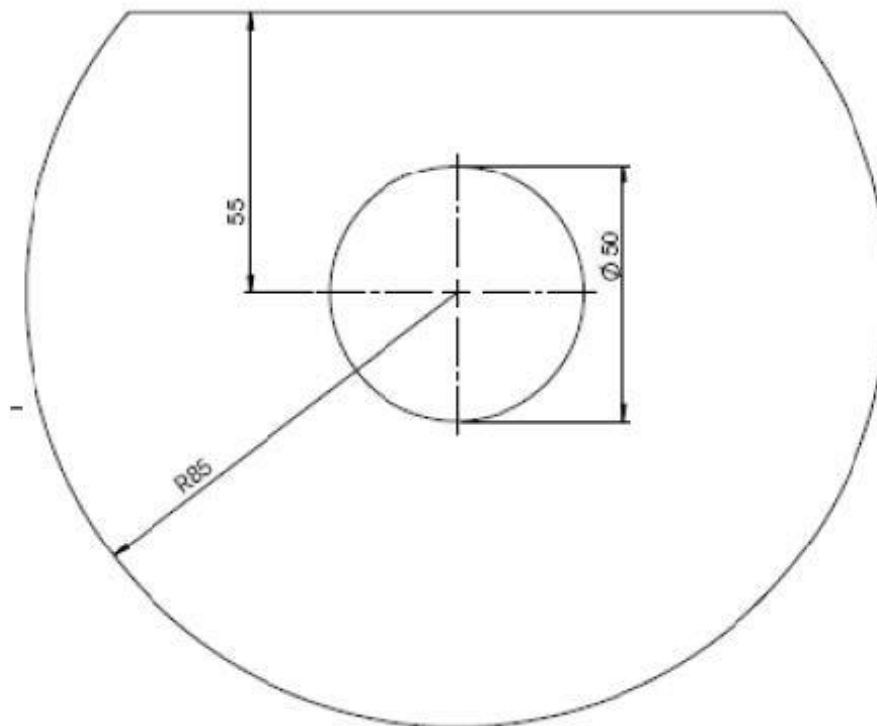
Antes del partido, a cada uno de los dos equipos se le asignará un color, siendo amarillo o azul. Todos los equipos tienen que ser capaces de ser de color amarillo y azul. El color de equipo asignado es usado como la marca central de todos los robots del equipo. El layout detallado del marcador está descrito en la siguiente sección "Patrón Estándar".



## Patrón estándar

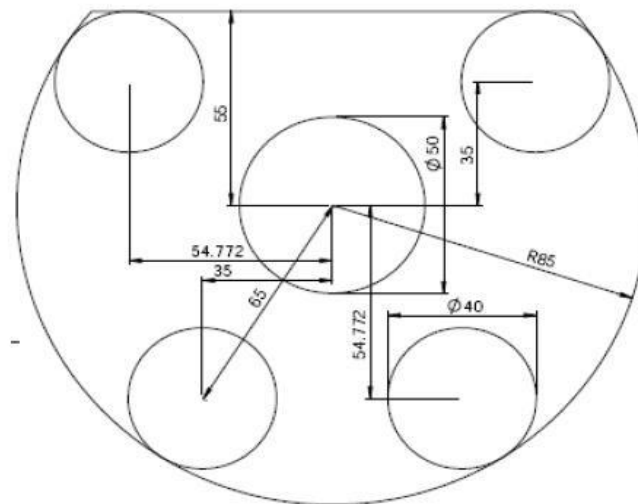
Todos los equipos participantes deben llevar la pegatina entregada según los requerimientos de operación del sistema de visión compartida (ver Ley 1). En concreto, los equipos deben usar un determinado conjunto de colores y patrones estandarizados en la parte superior de su robot.

Para asegurar la compatibilidad con los patrones estandarizados del sistema compartido de visión, todos los equipos deben asegurarse de que todos sus robots tienen una superficie plana en su parte superior con espacio suficiente disponible. El color de la parte superior del robot será de color negro o gris oscuro y tener un acabado mate (no brillante) para evitar los deslumbramientos. El patrón estándar del SSL-Vision está garantizado para reconocer un círculo de 85mm de radio que cortará la parte frontal del robot a una distancia de 55mm desde el centro como se muestra en la Ilustración 2.4. Los equipos deben asegurarse de que la parte superior de su robot tiene dimensiones inferiores a las del área descrita.



**Ilustración 2.4: Área mínima superior del robot**

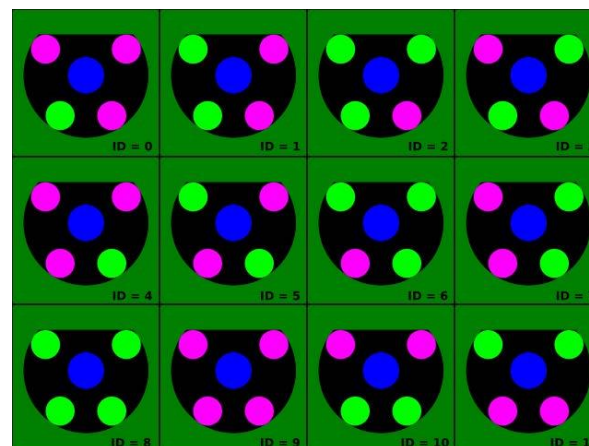
El patrón estándar que se usará por todos los equipos en el RoboCup 2013 se muestra en la Ilustración 2.5. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar el patrón en cualquier momento, si fuese necesario. Por consiguiente, los equipos deben asegurarse de que todavía se mantiene conforme al tamaño de la parte superior del área estandarizado como se representa en la Ilustración 2.5.



**Ilustración 2.5: Patrón estándar para Robocup 2013**

Cada robot debe utilizar el patrón estandarizado con una única combinación de colores seleccionada desde el conjunto entre las posibles combinaciones de colores. No puede haber dos robots que usen la misma combinación de colores. El color del punto central determina el equipo y su color será azul o amarillo.

El papel de colores estandarizado o cartulina con los colores requeridos se entregará en la competición. El conjunto legal de asignaciones de colores se muestra en la Ilustración 2.6<sup>1</sup>.



**Ilustración 2.6: Asignación de colores estándar para la Robocup 2013**

Se recomienda a los equipos seleccionar la asignación de colores con ID 0-7 ya que se ha comprobado experimentalmente que son más estables, así como que no hay riesgo de que los dos puntos de la parte trasera se confundan con los otros.

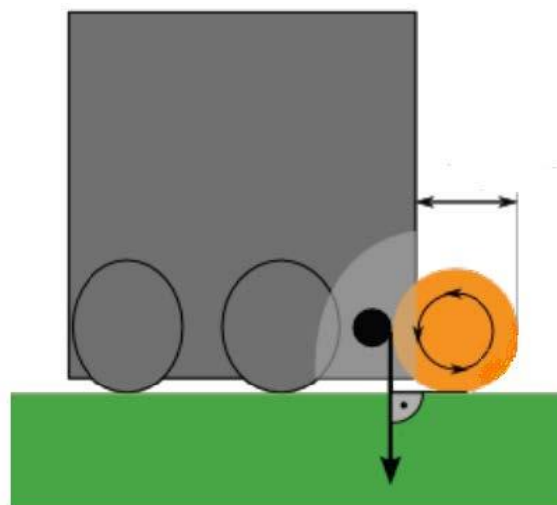
<sup>1</sup>Los organizadores se reservan el derecho de cambiar esta asignación de colores en cualquier momento en caso de ser necesario.

## Autonomía

El equipo de robots será plenamente autónomo. Las operaciones humanas no están permitidas, no se permite introducir información en el equipo durante un partido, excepto en el descanso o durante un tiempo de espera.

## Regateo

Los dispositivos que ejercen activamente un movimiento en la bola, para mantener la bola en contacto con el robot, se permiten bajo ciertas condiciones. El giro ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo. No se permiten dispositivos verticales o parcialmente verticales para mantener la bola en contacto con el robot en los lados del mismo. El uso de dispositivos de regateo también está restringido por la Ley 12, libre indirecto.



**Ilustración 2.7: Sistema de regateo**

## Infracciones / Sanciones

Para cualquier infracción de la presente Ley:

- el juego no necesita ser detenido.
- el robot infractor es instado por el árbitro a abandonar el terreno de juego como medida punitiva.
- el robot deja el campo de juego cuando la pelota deja de estar en juego.
- ningún robot obligado a abandonar el terreno de juego para sancionar a su equipo vuelve a entrar sin el permiso del árbitro.
- el árbitro comprueba que el equipo del robot es correcto antes de permitir que vuelva a entrar en el terreno de juego.
- al robot sólo se le permite volver a entrar en el terreno de juego cuando el balón está parado.
- un robot que ha sido obligado a abandonar el terreno de juego debido a una infracción de la presente ley y que entra (o vuelve a entrar) al terreno de juego sin el permiso del árbitro es amonestado y se le mostrará tarjeta amarilla.

## **Reanudación del juego**

Si el juego es detenido por el árbitro debido a que se hace necesario tomar alguna precaución, el partido se reanudará con un tiro libre indirecto a lanzar por un robot de la parte contraria, desde el lugar donde se encontraba el balón cuando el árbitro detuvo el partido.

## **Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size**

### **Decisión 1**

Los participantes que utilizan las comunicaciones inalámbricas notificarán al comité organizador local el método de comunicación inalámbrica, potencia y frecuencia. El comité organizador local será notificado de cualquier cambio después de la inscripción tan pronto como sea posible.

Con el fin de evitar interferencias, un equipo debe ser capaz de seleccionar entre dos frecuencias portadoras antes del partido. El tipo de comunicación inalámbrica se ajustará a las normas legales del país donde se celebre la competición. El cumplimiento de las leyes locales es responsabilidad de los equipos que compiten, no de la Federación RoboCup. El tipo de comunicación inalámbrica puede también ser restringido por el comité organizador local. El comité de organización local dará a conocer cualquier restricción a la comunidad lo antes posible.

### **Decisión 2**

Están permitidos los dispositivos de golpeo y disparo.

### **Decisión 3**

Están específicamente prohibidos las puntas de metal y el Velcro, con el propósito de locomoción.

### **Decisión 4**

No está permitida la comunicación inalámbrica por Bluetooth.

### **Decisión 5**

Los colores oficiales serán proporcionados por el comité organizador. Los equipos deben usar los colores oficiales a menos que ambos equipos no estén de acuerdo.

### **Decisión 6**

Adhesivos, como pegamento o cinta no puede ser utilizado con fines de control del balón o para construir dribladores (sistemas de regateo). El uso de dispositivos que utilizan por ejemplo un adhesivo para adherir la pelota a un robot se consideran una violación de la Regla 12, Decisión 4, por "la eliminación de todos los grados de libertad de la pelota". Además, el uso de adhesivos para cualquier propósito en el robot que provoque residuos sobre el balón o el campo, se considera como daño y son sancionados según la Ley 12.

## Decisión 7

Antes del primer partido de la competición se realiza un chequeo de las normas. Si se considera que algún componente de cualquier equipo infringe una norma, el robot debe modificarse para ser compatible, y permitir su participación en los partidos.

## 2.5. LEY 5 - EL ÁRBITRO

### La autoridad del árbitro

Cada partido es controlado por un árbitro que tiene plena autoridad para hacer cumplir las Reglas de Juego en relación con el partido para el que ha sido nombrado.

### Atribuciones y Deberes

El árbitro:

- Hace cumplir las Leyes del Juego.
- Controla el partido en colaboración con los árbitros asistentes.
- Se asegura de que cualquier pelota utilizada cumpla los requisitos de la Ley 2.
- Asegura que el equipo de robótica cumple con los requisitos de la Ley 4
- Informa a los árbitros asistentes de cuándo comienzan y terminan los períodos de tiempo, de conformidad con la Ley 7.
- Detiene, suspende o termina el partido, a su discreción, por cualquier infracción de las leyes.
- Detiene, suspende o termina el partido debido a interferencias externas de cualquier clase.
- Detiene el partido si, en su opinión, es probable que un robot cause daños graves a los seres humanos, otros robots o a sí mismo y asegura que se retira del terreno de juego.
- Colocar la bola en una posición neutral, si se queda atrapada durante el juego.
- Permite que el juego continúe si el equipo contra el que se ha cometido una falta se beneficia de tal ventaja y penaliza la falta original si no se produce dicha ventaja en ese momento.
- Castiga con la pena máxima cuando un robot comete más de una falta en el mismo tiempo.
- Toma medidas disciplinarias contra los robots infractores y puede expulsarlos. No está obligado a tomar esta medida inmediatamente, pero debe hacerlo cuando la pelota sale del terreno de juego.
- Toma medidas contra los miembros del equipo que no se comporten de una manera responsable; puede, a su discreción, expulsarlos del terreno de juego y sus alrededores inmediatos.
- Actúa con el asesoramiento de los árbitros asistentes en relación con incidentes que no ha visto.
- Garantiza que ninguna persona no autorizada invada el terreno de juego.
- Reanudará el partido después de haber sido detenido.
- Proporciona al comité técnico un informe del partido que incluye información sobre cualquier medida disciplinaria adoptada contra los responsables del equipo y cualquier otro incidente ocurrido antes, durante o después del partido.
- Comprueba el estado del sistema de visión compartida con el/los experto(s) en visión (ver Apéndice B) antes de cada partido.

- Recoge la confirmación del Experto(s) en visión de que ambos equipos reciben los datos de localización del sistema compartido de visión correcta y exactamente.
- Para el juego cuando el/los Experto(s) en visión lo digan durante un partido y deje que el/los Experto(s) en visión diagnostiquen y arreglen el problema. Si el/los Experto(s) en visión confirman que el problema está resuelto entonces el juego será reanudado inmediatamente.

### **Decisiones del árbitro**

Las decisiones del árbitro sobre hechos relacionados con el partido son determinantes.

El árbitro sólo puede cambiar una decisión al darse cuenta de que es incorrecta o, a su discreción, debido al consejo de un árbitro asistente, siempre que no haya reanudado el juego.

### **Equipo de señalización del Árbitro**

El dispositivo necesario se suministra para convertir las señales del árbitro en serie y Ethernet. Las señales de comunicación se transmiten a ambos equipos. Los equipos serán operados por el árbitro asistente. Los detalles del equipamiento serán suministrados por la organización local de Comité antes de la competición.

### **Señales del Árbitro**

Durante un partido, el árbitro dará la señal de inicio y fin del juego en la forma habitual. El árbitro asistente enviará señales que reflejarán las decisiones del árbitro a cada uno de los equipos. Ninguna interpretación de las señales del árbitro por los operadores humanos está permitida.

La señal del silbato indica que el árbitro ha parado el juego, y que todos los robots deben separarse 500mm de la pelota para que el árbitro pueda colocar el balón para reiniciar el sistema. Todos los robots tienen la obligación de 500mm de la bola mientras ésta se mueve a la posición de reiniciar.

Cuando se produce un gol (Ley 10), o una precaución o se produce una salida de la pelota del campo de juego (Ley 12), una señal de información es enviada a los equipos para indicar la decisión del árbitro.

La señal de reinicio indicará el tipo de reinicio. Los robots deben moverse a posiciones legales a la recepción de esta señal. Para reiniciar otras acciones que no sean un saque inicial (Ley 8) o un penalti (Ley 14), el robot que saque puede patear el balón cuando esté listo, sin esperar más señales del árbitro.

Para un saque inicial (Ley 8), o un penalti (Ley 14), una señal de arranque será enviada para indicar que el robot que lance puede proceder. Esta señal será distinta a otros tipos de señales de reinicio del juego.

Se enviarán señales que indiquen los períodos de tiempo de espera y el tiempo perdido también se enviará cuando sea necesario.

Se considerará que el árbitro ha dado una señal cuando el árbitro asistente envíe esta señal a los equipos mediante las comunicaciones.

## **Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size**

### **Decisión 1**

El árbitro (o en su caso, un árbitro asistente) no es responsable de:

- Cualquier tipo de perjuicio sufrido por un componente del equipo o un espectador.
- Cualquier daño a la propiedad de cualquier tipo.
- Cualquier otra pérdida sufrida por cualquier persona, club, empresa, asociación u otro organismo, que es debido o que puede ser debido a cualquier decisión que se tome en virtud de los términos de las leyes del juego o en el caso de los procedimientos normales requeridos para conservar, reproducir y controlar un partido. Esto puede incluir:
  - La decisión de que la condición del terreno de juego o sus alrededores son tales como para permitir o no que un partido que tenga lugar.
  - La decisión de abandonar un partido por cualquier razón.
  - Una decisión en cuanto a la condición de los accesorios o equipos utilizados durante un partido como el campo y la pelota.
  - La decisión de detener o no detener un partido debido a la interferencia del espectador o cualquier problema en el área de los espectadores.
  - La decisión de detener o no detener el juego para permitir que un robot dañado pueda ser eliminado del campo de juego para su reparación.
  - La decisión de solicitar o insistir en que un robot dañado se retire del terreno de juego para su reparación.
  - La decisión de permitir o no permitir ciertos colores.
  - La decisión (en la medida en que ésta puede ser su responsabilidad) para permitir o no permitir a las personas (incluyendo el equipo o funcionarios del estadio, oficiales de seguridad, fotógrafos u otros medios, representantes, etc.) estar presentes en las inmediaciones del campo de juego.
  - Cualquier otra decisión que pueda tomar de acuerdo con las Reglas de Juego o de conformidad con sus obligaciones bajo los términos de la Federación RoboCup o las normas o regulaciones bajo las cuales se juega el partido.

### **Decisión 2**

Los hechos relacionados con el partido serán incluidos tanto si se marca un gol o no, así como el resultado del encuentro.

### **Decisión 3**

El árbitro debe usar un bastón negro, o algún otro dispositivo para el reposicionamiento de la bola para reducir el riesgo de interferencias con los sistemas de visión.

### **Decisión 4**

El árbitro podrá ser asistido por aplicaciones autónomas de arbitraje proporcionados por uno o ambos de los equipos que compiten, si ambos equipos están de acuerdo.

El árbitro podrá ser asistido por una aplicación autónoma o semi-autónoma proporcionada por un equipo que no participe en el partido, según el criterio del árbitro; teniendo en cuenta que la aplicación deberá ser operada y monitorizada de manera neutral.



## Decisión 5

La región externa de la superficie del campo que es más allá de 250mm de distancia de la línea divisoria es utilizada como zona de paseo designado por el árbitro y/o el árbitro asistente durante el juego.

Los equipos deben controlar a sus robots para permanecer fuera de esta zona para no interferir con los árbitros.

Los árbitros no son responsables de cualquier obstrucción a los robots o sistemas de visión dentro de este área.

Sin embargo, los árbitros deberán llevar ropa y zapatos que no contengan ningún color reservado para la bola o los marcadores de los robots.

## 2.6. LEY 6 - EL ÁRBITRO ASISTENTE

### Deberes

Las funciones del árbitro asistente nombrado, sin perjuicio de la decisión del árbitro, son las siguientes:

- Actuar como cronometrador y llevar un registro del partido.
- Operar el equipo de comunicaciones para transmitir las señales del árbitro sobre los enlaces de comunicaciones.
- Supervisar a los operadores de robots para evitar que señales ilegales sean enviadas a los robots.
- Indicar cuándo se solicita un intercambio.
- Indicar cuando una mala conducta o cualquier otro incidente se ha producido fuera de la vista del árbitro.
- Indicar cuándo se comete una infracción si los asistentes se acercan más a la acción que el árbitro (esto incluye, en determinadas circunstancias, las faltas cometidas en la defensa del área)
- Indicar si en los penaltis, el guardameta se ha movido hacia delante antes de que el balón ha sido golpeado y si el balón ha cruzado la línea de meta.

### Asistencia

Los árbitros asistentes también ayudan al árbitro a controlar el partido, de acuerdo a las Leyes del juego. En el caso de una interferencia indebida o conducta incorrecta, el árbitro liberará de sus funciones a un árbitro asistente para informar al comité organizador.

## Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

### Decisión 1

Se utilizará un segundo árbitro asistente siempre que sea posible. El segundo árbitro asistente ayuda al árbitro durante la permanencia del balón en el campo, así como le ayuda a vigilar el cumplimiento de todas las leyes y procedimientos.



## **2.7. LEY 7 - LA DURACIÓN DEL PARTIDO**

### **Períodos de juego**

El partido tiene dos periodos iguales de 10 minutos, salvo mutuo acuerdo del árbitro y los dos equipos. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de juego (por ejemplo, para reducir cada mitad a 7 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes el inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

### **Intermedio**

Los equipos tienen derecho a un intermedio a mitad del tiempo medio de un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Las normas de competencia deben indicar la duración del intermedio o descanso. La duración del descanso puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

### **Tiempos de espera**

A cada equipo se le otorga cuatro tiempos de espera al comienzo del partido. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. Por ejemplo, un equipo puede pedir tres tiempos de espera de un minuto de duración y, posteriormente, sólo tienen un tiempo de espera de hasta dos minutos de duración. Los tiempos de espera sólo pueden ser consumidos durante una interrupción del juego. El tiempo es controlado y registrado por el árbitro asistente.

### **Compensación por el tiempo perdido**

Se tiene en cuenta cualquier período de tiempo perdido debido a la evaluación de los daños en los robots, la eliminación de los robots dañados en el terreno de juego y cualquier otra causa que suponga la pérdida de tiempo. La compensación por el tiempo perdido es a discreción del árbitro.

### **Tiempo Extra**

Serán aplicadas las normas de competencia, podrán prever dos tiempos suplementarios iguales, según las condiciones de la Ley 8.

### **Abandonar el partido**

Un partido abandonado se repite a menos que las normas dispongan otra cosa.

## **Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size**

### **Decisión 1**

El comité organizador local hará todo lo posible para proporcionar acceso a los equipos de la competición al menos dos horas antes del inicio de la competición. También se esforzará por permitir al menos una hora de tiempo de configuración antes de cada partido. Los participantes deben ser conscientes, sin embargo, que puede ocurrir que este tiempo no se pueda proporcionar.

## Decisión 2

Dentro de estas reglas, el término "interrupción del juego" se usa para describir los momentos en que el modo de juego se encuentra en un estado detenido. El juego no se considera parado si los robots se detienen cuando se les permite golpear la pelota.

Por ejemplo, el juego se detiene después de que la señal de saque ("kickoff") se ha producido, pero no continúa parado después de la correspondiente señal de "listos" ("ready"). De igual manera, el juego no continuará parado después de una señal de tiro libre "Freekick".

## 2.8. LEY 8 - INICIO Y REANUDACIÓN DEL JUEGO

### Preliminares

Si ambos equipos tienen una frecuencia preferida común para las comunicaciones inalámbricas, el comité organizador local asignará la frecuencia para la primera mitad del partido. Si ambos equipos tienen un color preferido común, el comité organizador local asignará el color de la primera la mitad del partido.

Se lanza una moneda y el equipo que gane el sorteo decidirá qué portería atacará en la primera la mitad del partido. El otro equipo realiza el saque para comenzar el partido. El equipo que gane el sorteo tiene el saque inicial para comenzar la segunda mitad del partido.

En la segunda mitad del partido, los equipos cambian de campo. Si los equipos no están de acuerdo para cambiar campos, pueden permanecer en los mismos que el primer tiempo con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una frecuencia común predefinida para las comunicaciones inalámbricas, los equipos deberían cambiar la asignación de esa frecuencia para la segundamitad del partido. Los equipos pueden acordar no cambiar la asignación de la frecuencia predefinida para la segunda mitad del encuentro con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una marca común de color preferido, los equipos deben cambiar los colores de marcado en la segunda mitad del partido. Si los equipos no están de acuerdo en cambiar la marca de colores, no es necesario que lo hagan, siempre que tengan el consentimiento del árbitro.

### Saque desde el centro del campo

Un saque desde el centro del campo es una forma de iniciar o reiniciar el juego:

- En el inicio del partido.
- Después de que un gol haya sido anotado.
- Al comienzo de la segunda mitad del partido.
- Al comienzo de cada período de tiempo adicional, cuando proceda.

Un gol puede ser anotado directamente desde el saque inicial.

### Procedimiento

- Todos los robots se encuentran en su propia mitad del campo.

- Los oponentes del equipo que realiza el saque del partido están por lo menos a 500mm de la bola hasta que el balón está en el juego.
- El balón está parado en el centro del campo hasta que el árbitro da la señal de saque.
- El árbitro da la señal de saque.
- La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve hacia delante.
- El lanzador no podrá tocar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.

Después de que un equipo anota un gol, el saque de medio campo es realizado por el otro equipo.

### **Infracciones / Sanciones**

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia. Para cualquier otra infracción de los saques de salida el procedimiento será:

- El saque de salida se repite.

### **Situando la pelota**

La colocación de la pelota es una forma de reanudar el partido tras una parada temporal que haya sido necesaria, mientras la pelota estaba en juego, por alguna razón no mencionada en las normas.

### **Procedimiento**

El árbitro coloca la pelota en el punto donde se encontraba antes de parar el juego. Según la Ley 9, todos los robots deben mantenerse a 500mm de la pelota, mientras ésta se coloca. El juego se retoma cuando el árbitro da la señal apropiada.

### **Infracciones / Sanciones**

La pelota se coloca de nuevo:

- Si un robot está a menos de 500 mm de la pelota antes de que el árbitro dé la señal.

### **Circunstancias especiales**

Un tiro libre concedido al equipo defensor dentro de su propia área de defensa se realiza desde la posición de tiro cercana a donde se produjo la infracción, elegida por el propio equipo.

Un tiro libre concedido al equipo atacante en el área de defensa de sus oponentes es lazado desde la posición legal predefinida de tiro libre más cercana al lugar donde se produjo la infracción.

Una pelota que esté en condiciones de reiniciar el partido después de que la jugada ha sido detenida temporalmente en el interior de la zona defensiva se coloca sobre la posición legal de tiro libre más cercana a donde se encontraba el balón cuando la jugada se detuvo.

## **2.9. LEY 9 - EL BALÓN EN JUEGO Y PARADO**

### **Balón parado**

La pelota está parada cuando:

- Ha cruzado los límites del campo sea por el suelo o por el aire.
- El juego ha sido detenido por una señal del árbitro.

Cuando la bola sale fuera del campo de juego, los robots deben seguir estando a 500 mm de la bola mientras ésta se coloca, hasta que la señal de reinicio es dada por el árbitro.

### **Balón en juego**

La pelota está en juego en cualquier otro momento.

### **Infracciones / Sanciones**

Si, en el momento en que el balón entra en juego, un miembro del equipo que saca está a una distancia inferior de 200mm de la zona de defensa del oponente:

- Si un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario, el tiro se lanzará desde la ubicación en la que se encontraba la pelota cuando se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador toca el balón por segunda vez antes de que lo haya tocado a otro robot:

- Se concede tiro libre indirecto al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador deliberadamente sostiene el balón antes de que lo haya tocado otro robot:

- Un tiro libre directo es concedido al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de darse una señal para reiniciar el juego, el balón no entra en juego en 10 segundos, o la falta de progreso indica claramente que la pelota no entrará en juego en 10 segundos:

- El juego se detiene por una señal del árbitro, todos los robots tienen que moverse a 500mm de la pelota, y se indica un saque neutral.

### **Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size**

#### **Decisión 1**

Para todos los reinicios en que las leyes establecen que la pelota está en juego bien sea golpeándola o regateando, los robots deben claramente hacer lo posible para que ésta se mueva. Se entiende que la pelota puede permanecer en contacto con el robot o ser golpeada por el robot varias veces a corta distancia, pero bajo ninguna circunstancia el robot mantendrá el contacto o se mantendrá tocando la pelota

después de haber recorrido una distancia de 50mm, a menos que el balón haya tocado antes a otro robot.

Los robots pueden utilizar los dispositivos de regateo y patada en los lanzamientos de las faltas.

### **Decisión 2**

La zona de exclusión de 200mm de la zona de la defensa del oponente se designa para permitir a la defensa de los equipos tomar una posición defensiva contra un lanzamiento sin la interferencia de los oponentes. Este cambio se ha añadido para ayudar a los equipos de defensa contra saques de esquina en los que los equipos usan un “saque-elevado” y la pelota pasa directamente a la zona de defensa.

## **2.10. LEY 10 – MÉTODO DE TANTEO**

### **Puntuación de Gol**

Se marca un gol cuando el conjunto de la pelota pasa por encima de la línea de meta, entre las paredes de meta o por debajo del travesaño, sin que se haya cometido una infracción de las reglas de juego con anterioridad por parte del equipo que anota el gol.

### **Equipo ganador**

El equipo que anota el mayor número de goles durante un partido es el ganador. Si los dos equipos marcan un número igual de goles, o si no marcó ningún gol, el partido se da como empatado.

### **Las normas de competencia**

Para los partidos que terminan en un empate, las normas de competencia podrán estipular un tiempo suplementario, u otro método aprobado por la Federación RoboCup para determinar el ganador del partido.

## **2.11. LEY 11 - FUERA DE JUEGO**

La regla del fuera de juego no se usa en esta competición.

## **2.12. LEY 12 - FALTAS Y CONDUCTA ANTIDeportiva**

Las faltas y la conducta antideportiva se sancionan como sigue:

### **Tiro libre directo**

Un tiro libre directo es concedido al equipo adversario si un robot comete cualquiera de las siguientes cuatro infracciones:

- Hacer contacto sustancial con un oponente.
- Retener un oponente.

- Sostener el balón deliberadamente (excepto para el guardameta dentro de su ámbito de la defensa propia).
- El segundo robot de la defensa y ocupa el área de la defensa del equipo de tal forma que afecte sustancialmente el juego.

Un tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

### **Tiro de Penalti**

Un tiro de penalti se otorga si alguna de las anteriores cuatro infracciones es cometida por un robot dentro del área de defensa propia, independientemente de la posición de la pelota, siempre y cuando ésta esté en juego.

### **Tiros libres indirectos**

Un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario si el guardameta, dentro de su propia área defensiva, comete cualquiera de las siguientes infracciones:

- Transcurren más de quince segundos mientras sostiene la pelota antes de liberarla de su posesión.
- Tiene el balón de nuevo después de haber sido liberado de su posesión y no lo ha tocado otro robot.

Un tiro libre indirecto además es concedido al equipo adversario si un robot:

- Entra en contacto con el portero y el punto de contacto está en el área de defensa.
- Conduce el balón a una distancia superior a 500mm
- Tocó la pelota de tal manera que la parte superior de la bola alcanza una altura superior a 150mm respecto del suelo y el balón entra en la meta de su oponente, salvo que haya sido tocado previamente por un compañero de equipo, o que manteniéndose en contacto con el suelo alcance dicha altura y entre en la meta de su oponente debido a un rebote.
- Patea la pelota de tal manera que supera los 10 m/s de velocidad.
- Comete cualquier otra infracción, que no se haya mencionado anteriormente en la Ley 12, por la que se interrumpirá el juego por precaución o para expulsar al robot.

El tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

### **Sanciones disciplinarias**

Un equipo será amonestado y recibirá la tarjeta amarilla si un robot comete cualquiera de las siguientes infracciones:

1. es culpable de conducta antideportiva.
2. es culpable de graves y violentos contactos.
3. infringe persistentemente las Reglas de Juego.
4. retrasa la reanudación del juego.
5. no respeta la distancia reglamentaria cuando el juego se reanude con un saque de meta, saque de esquina o tiro libre.
6. modifica o provoca daños en el campo o pelota.
7. deliberadamente entra o se desplaza dentro de la zona de tránsito del árbitro.

Al recibir una tarjeta amarilla, un robot del equipo penalizado debe moverse inmediatamente fuera y ser sacado del campo. Después de dos minutos de juego (según lo medido por el árbitro asistente utilizando el tiempo de juego oficial) el robot puede entrar de nuevo en el campo en la próxima parada del juego.

### **Expulsión de sancionados**

Un equipo recibe la tarjeta roja si uno de los robots o el equipo es culpable de un comportamiento antideportivo grave. El número de robots en el equipo se reduce en uno después de cada tarjeta roja.

### **Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size**

#### **Decisión 1**

Un contacto calificado como importante es aquel contacto suficiente para desalojar al robot de su orientación actual, posición o movimiento en el caso de que se esté moviendo.

Cuando los dos robots se mueven a velocidades similares, y la causa de contacto no es evidente, el árbitro permitirá que el juego continúe. Esta ley está diseñada para proteger a los robots que son lentos o permanecen quietos en el momento del contacto, y por tanto deben ser detectados por los sistemas de evasión de obstáculos.

#### **Decisión 2**

Las precauciones para evitar contactos graves y violentos son una manera de desalentar a los equipos al ignorar el espíritu del principio de no contacto. Como ejemplos de infracciones amonestables se incluyen el movimiento incontrolado, las malas evasiones de obstáculos, empujar o girar rápidamente mientras se está junto a un oponente. En un escenario típico, el árbitro podrá advertir al equipo, y se espera que se modifique su sistema a fin de reducir la violencia de su juego. Si el árbitro aún no está satisfecho, dictará una amonestación.

#### **Decisión 3**

Un robot que se coloca en el campo, pero claramente no es capaz de moverse, será sancionado por conducta antideportiva.

#### **Decisión 4**

Se considera que un robot está reteniendo el balón si tiene el control de la pelota mediante la eliminación de todos sus grados de libertad; de forma general, sujetando la pelota con el cuerpo del robot o rodeándolo para evitar el acceso de otros. El 80% de la superficie de la bola debe ser visible desde arriba, de forma que estará fuera de la parte convexa del robot.

Otro robot debe ser capaz de quitar el balón al que lo posee. Esta limitación se aplica también a todos los dispositivos de regateo y golpeo, incluso si tal infracción es momentánea.

## VISTA SUPERIOR (DESDE LA CÁMARA)

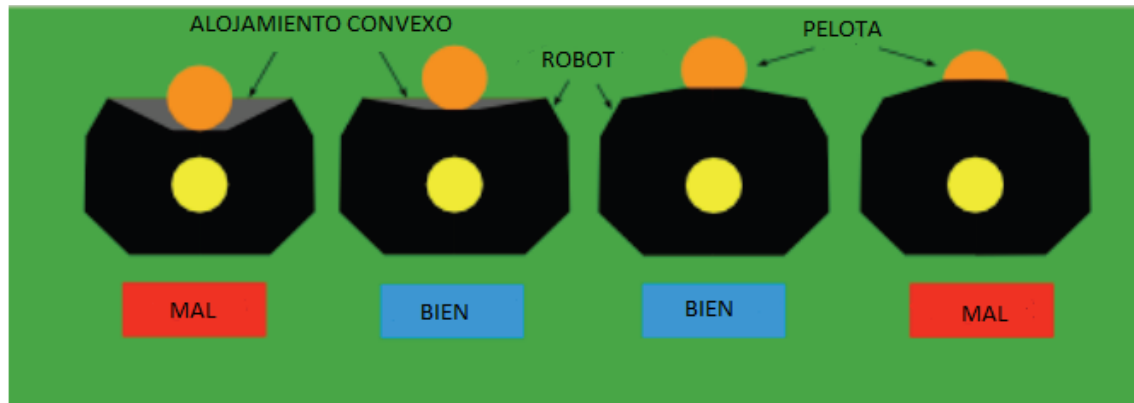


Ilustración 2.8.- Como se debe coger la pelota

## Decisión 5

Un robot comienza el regateo cuando tiene contacto con el balón y se detiene el regateo cuando hay una separación observable entre la pelota y el robot.

La restricción de la distancia en el regateo se añadió para evitar que un robot con una mecánica superior pudiera tener un indiscutible control de la pelota en el ataque. La restricción de la distancia, no obstante, permite a los atacantes dar y recibir pases, girar con el balón, y detenerse con la pelota. Los sistemas de regateo se pueden utilizar para regatear a grandes distancias con el balón, siempre y cuando el robot pierda periódicamente la posesión, tales pérdidas pueden ser: patear la pelota delante de él, como hacen a menudo los jugadores de fútbol humano. El comité técnico espera que la regla de distancia sea auto-forzada, es decir, que los equipos dispongan de un software que la cumpla con antelación, y se les pueda pedir una demostración previa a una competición.

Los árbitros, sin embargo, podrán seguir señalando faltas y pueden señalar amonestaciones (tarjeta amarilla) por situaciones de violación sistemática de dicha regla.

## Decisión 6

La limitación de velocidad de disparo de la pelota ha sido añadida para prevenir que un robot con un disparo mecánicamente superior tenga demasiada ventaja sobre sus oponentes, o patear la pelota a una velocidad no apta para los espectadores. También se cree que esto ayudará a fomentar el juego en equipo frente a la capacidad individual del robot.

## Decisión 7

La norma sobre la subida al marcador cuando el lanzamiento ha sido producido mediante un tiro parabólico o “picado de la pelota”. Esta norma se redacta debido a que en las competiciones anteriores hubo algunas confusiones que se produjeron después de que los robots picaran la pelota y se produjeran goles en propia puerta. Por esta razón, una interpretación estricta de esta regla, es dada aquí:



- Si un robot lanza la pelota picada (no importa a qué altura se desplaza) a un compañero de equipo y la bola posteriormente, entra en propia meta, el tanto se dará como válido para el equipo oponente.
- Si un robot pica pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en la propia meta, después de permanecer por debajo de 150mm de altura todo el tiempo después haber tocado al robot oponente, el equipo oponente también obtiene un tanto.
- Si un robot pica la pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en propia meta después de haber estado por encima de 150mm durante algún tiempo (y no habiendo estado en contacto permanente con el suelo después), después de tocar al robot oponente, el equipo oponente no puntúa.

### **Decisión 8**

La infracción cometida al entrar deliberadamente en la zona de tránsito del árbitro fue añadido para desalentar a los equipos de la conducción de vehículos por esta zona para obtener ventajas tácticas. En particular, debe prevenir que los equipos exploten el hecho de que otros equipos no podrían tener cobertura de visión del árbitro caminando por dicha área. Se entiende que en ocasiones un robot puede entrar en la zona si está fuera de control, o si ha sido empujado a esta área. Estos casos no deben ser considerados infracciones. Sin embargo, la decisión final en cuanto a lo que constituye una violación deliberada del reglamento se deja a criterio del árbitro.

## **2.13. LEY 13 - TIROS LIBRES**

### **Tipos de Tiros Libres**

Serán directos o indirectos. Tanto en los directos como en los indirectos, la bola debe ser parada cuando se comete la falta y el lanzador no puede tocar el balón por segunda vez hasta que lo haya tocado otro robot.

#### **El tiro libre directo**

- Si un tiro libre entra directamente en la meta del oponente, se concede un gol.
- Si un tiro libre entra directamente a gol en propia meta, se concede un gol al equipo oponente.

#### **El tiro libre indirecto**

El balón entra en la meta. Se concede un gol solamente si el balón toca posteriormente a otro robot antes de que entre el balón en la portería.

- Si un tiro libre indirecto entra directamente en la meta del oponente, se concede un saque de puerta.
- si un tiro libre indirecto entra directamente en la propia meta del equipo, se concede un saque de esquina al equipo contrario.

## **Procedimiento para los tiros libres**

Si el tiro libre se concede dentro del área de defensa, el tiro libre se lanza desde un punto a 600mm de la línea de gol y a 100mm desde la línea de contacto más cercana a donde se produjo la infracción.

Si el tiro libre es concedido al equipo atacante a 700mm de la zona de defensa, la pelota se traslada al punto más cercano a 700mm desde el área de defensa.

Por el contrario, el tiro libre se lanza desde el lugar donde se produjo la infracción.

Todos los robots oponentes se colocarán a una distancia mínima de 500mm de la pelota.

La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

## **Infracciones / Sanciones**

Si cuando se lanza un tiro libre, el oponente más cercano a la bola no se encuentra a la distancia requerida:

- El tiro se repetirá

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia. Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- El tiro se repetirá.

## **2.14. LEY 14 - EL TIRO DE PENALTI**

Un tiro de penalti se otorga contra un equipo que cometa una de las cinco infracciones por las que se concede un tiro libre directo, dentro de su área de defensa y mientras la bola está en juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un tiro de penalti.

El tiempo adicional permitido para un tiro de penalti se añadirá al final de cada mitad o al final de los períodos de tiempo extra.

## **Posición de la bola y los Robots**

El balón se coloca en el punto de penalti.

El robot que lanza el penalti está debidamente identificado.

El guardameta defensor se mantiene entre los postes de la portería, toca la línea de meta, y la cara externa de la meta, hasta que el balón ha sido pateado. Se le permite el movimiento antes de que el balón haya sido golpeado, siempre y cuando no se infrinja alguna de estas restricciones.

Los robots que no sean los lanzadores se encuentran:

- Dentro del campo de juego.

- Detrás de una línea paralela a la línea de gol y a 400mm detrás del punto penalti.

### **El árbitro**

- No da la señal de lanzamiento de penalti hasta que los robots han tomado posición de conformidad con la Ley.
- Decide cuando un tiro penal se ha completado.

### **Procedimiento**

- El robot que lanza el penalti, golpea la pelota hacia delante.
- No toca el balón por segunda vez hasta que haya sido tocado por otro robot.
- La pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve hacia delante.

Cuando un tiro de penalti se lanza durante el curso normal del juego, o el tiempo se ha ampliado en la primera mitad o al final del partido para permitir que un lanzamiento de penalti sea lanzado. Se concede un gol si entra directamente o si antes de que el balón pase entre los postes y por debajo del travesaño, la pelota toca uno o ambos postes de la portería y/o el travesaño, y/o el portero.

### **Infracciones / Sanciones**

Si el árbitro da la señal de un tiro de penalti y, antes de que el balón esté en juego, se produce una de las siguientes situaciones:

El robot que lanza el penalti infringe las Reglas del Juego:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.
- Si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- Si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.

El guardameta infringe las Reglas de Juego:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.
- Si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- Si el balón no entra en la meta, se repetirá el tiro.

Un compañero del robot que lanza, penetra en el área de los 400mm detrás del punto de penalti:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.
- Si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- Si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.
- Si el balón rebota en el guardameta, el travesaño o el poste de la meta y es tocado por el presente robot, el árbitro interrumpirá el juego y reanudará el partido con un tiro libre indirecto a favor del equipo que defiende.

Un compañero del guardameta penetra en la zona de los 400mm detrás del punto de penalti:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.
- Si el balón entra en la meta, se concede un gol.

- Si el balón no entra en la meta, se repetirá el lanzamiento.

Un robot de ambos equipos, de la defensa y el equipo atacante, infringen las Reglas de Juego:

- El tiro se repetirá.
- Si, tras el cumplimiento de la pena:
- Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.
- El balón es tocado por un agente externo, y se mueve hacia delante:
- El tiro se repetirá.
- El balón rebota en el terreno de juego tras tocar al guardameta, el travesaño o los postes, y es entonces tocado por un agente externo:
- El árbitro detiene el juego
- El juego se reanudará con un toque neutral en el lugar donde la pelota tocó al agente externo (véase la Ley 13).

### **2.15. LEY 15 - EL SAQUE DE BANDA**

Un saque de banda, es un método de reinicio el juego.

Un gol no puede ser marcado directamente desde un saque de banda.

Un saque de banda se concede:

- Cuando la totalidad de la pelota pasa por encima del límite de contacto (línea de banda), ya sea por tierra o por aire.
- Desde el punto, a 100mm, perpendicular a la línea de banda donde la pelota cruzó el límite.
- Al equipo contrario al último robot que toca el balón.

#### **Procedimiento**

- El árbitro pone el balón en la posición designada.
- Todos los robots oponentes se distancian por lo menos 500mm de la pelota.
- La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

#### **Infracciones / Sanciones**

Cuando un saque de banda se realiza y un oponente está más cercano a la bola de la distancia requerida el saque de banda se repetirá.

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción el tiro se repetirá.

### **2.16. LEY 16 - EL SAQUE DE PUERTA**

Un saque de puerta es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente por un saque de puerta, pero sólo si entra en la portería contraria.

Un saque de puerta es otorgado cuando:

- La totalidad de la pelota, después de haber sido tocada por un robot del equipo atacante, pasa por encima de la línea de límite de gol ya sea por tierra o aire, y no se concede un tanto de conformidad con la Ley 10.

#### **Procedimiento**

- La pelota es pateada desde el punto a 500mm de la línea de gol y 100mm de la línea de banda más cercano a donde la pelota pasó por la línea de gol.
- Los opositores siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- El lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- La pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

#### **Infracciones / Sanciones**

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de la presente Ley el tiro se repetirá.

### **2.17. LEY 17 - EL SAQUE DE ESQUINA**

Un saque de esquina es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un saque de esquina, pero solamente contra el equipo contrario.

Un saque de esquina se concede cuando:

- La totalidad de la pelota, después de haber tocado un robot del equipo defensor, pasa por encima de la línea de gol, ya sea por tierra o aire, y no se concede un gol de conformidad con la Ley 10.

#### **Procedimiento**

- La pelota es golpeada desde la esquina más cercana, a 100mm en la línea de gol y de la línea de banda.
- Los contrarios siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- El lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- La pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

## **Infracciones / Sanciones**

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.  
Para cualquier otra infracción el tiro se repetirá.

## **2.18. APÉNDICE A - REGLAS DE COMPETENCIA**

Este apéndice describe los procedimientos adicionales para la Small Size League.

### **Tiempo Extra**

Si el resultado del partido es de empate después del final del segundo período y el partido necesita terminar con un claro ganador, se jugará un tiempo extra (como se indica en las leyes 7 y 10). Antes de la primera mitad del tiempo extra, habrá un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

### **Períodos de juego durante el tiempo extra**

El tiempo extra dura dos períodos iguales de 5 minutos, salvo mutuo acuerdo entre el árbitro y los dos equipos participantes. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de tiempo extra (por ejemplo, para reducir cada mitad a 3 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes del inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

### **Descanso**

Los equipos tienen derecho a un descanso en el intervalo entre las dos mitades del tiempo extra. El plazo de tiempo no debe exceder de 2 minutos.

La duración del descanso en dicho intervalo de tiempo puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

### **Tiempos de espera**

Cada equipo tiene asignado dos tiempos de espera en el comienzo del tiempo extra. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. El número de tiempos de espera y el tiempo, no utilizados en el juego regular, no se agregan. Los tiempos de espera en el tiempo extra siguen las mismas reglas que en el juego regular (indicado en la ley 7).

### **Tanda de penaltis**

Si el partido termina en empate después del final de la segunda parte de la prórroga, el resultado final se decidirá en los penaltis.

### **Preparación**

Antes del inicio de los penaltis, habrá un intervalo que no deberá exceder de 2 minutos. Este tiempo se designa para ser utilizado por los equipos en el diálogo con el árbitro y sus asistentes para comprobar que la posición del portero es correcta (en la línea) y que todas las demás normas se cumplen como se indica en la ley 14. El árbitro determina (por ejemplo, lanzando una moneda), qué equipo defiende la portería, así como qué equipo tiene que lanzar el primer penalti.

## **Procedimiento**

Durante los tiros desde el punto de penalti, un máximo de 2 robots por equipo estarán en el campo con el fin de evitar interferencias. Los tiros desde el punto penalti se harán alternativamente por parte de ambos equipos hasta que cada equipo haya lanzado cinco disparos. Si se toma una decisión para un equipo, los lanzamientos se interrumpirán por decisión del árbitro. Para todos los lanzamientos, se aplican las normas de la ley 14. Un segundo tiro (por ejemplo, si la pelota rebota en la portería o un poste de la portería o el robot que lanza recupera la pelota) no puntuará; ya que el penalti no será válido si el lazador vuelve a tocar la pelota después del primer disparo. Durante los lanzamientos, desde el punto penalti no habrá tiempos muertos. Los robots pueden ser intercambiados entre los lanzamientos siguiendo las reglas de intercambio de la ley 3. Como el intercambio de los campos entre ambos equipos costaría demasiado tiempo y se forzaría a los equipos a variar sus sistemas, se usarán ambas porterías.

Si después de 10 tiros no hay un vencedor, cada equipo tiene un lanzamiento de penalti en el mismo orden en que lo hicieran anteriormente. Este procedimiento (un penalti por equipo) se continúa hasta que haya un vencedor.

## **2.19. APÉNDICE B – EXPERTOS EN VISIÓN**

Durante las competiciones, los expertos en visión están a cargo del sistema compartido de visión de cada campo. La asignación y el tiempo del período de servicio son designados por los organizadores de la competición. Esto se debe realizar de tal forma que cada sistema de visión compartido tenga asignado, al menos, un experto en visión.

### **Deberes**

El experto en visión tiene el deber de:

- Comprobar el hardware del sistema compartido de visión e informar de cualquier problema relacionado con esto al TC/ organizadores locales.
- Hacer el proceso de calibración del SSL-Vision cuando sea necesario o los equipos lo requieran durante los tiempos de configuración.
- Calibrar o realizar el mantenimiento durante el partido del SSL-Vision cuando el árbitro lo requiera.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos reciben los paquetes del SSL-Visión correctamente
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos utilizan los correctos patrones estandarizados, que la altura de sus robots está calibrada con exactitud y que los datos de localización recibidos son correctos.
- Vigilar el estado del sistema compartido de visión durante el partido y reportar inmediatamente cualquier tipo de problema al árbitro.
- Recibir las quejas de los equipos sobre el sistema de visión compartido durante el partido y, si fuera necesario, preguntar al árbitro para parar el juego de tal forma que se pueda diagnosticar y solucionar el problema.
- Avisar al árbitro si hay alguna queja no solucionable de algún equipo acerca del sistema de visión. En este caso, el árbitro, tiene la autoridad definitiva para fallar en cualquier modo con respecto a sus poderes y deberes (ver Ley 5), incluyendo la habilidad para avisar y/o sancionar a los equipos de mal comportamiento si las exigencias de los equipos son infundadas y continúan obstruyendo el juego (ver Sanciones Disciplinarias en Ley 12).

## CAPÍTULO 3: COMPOSICIÓN DEL MICROROBOT F180

A lo largo de este tercer capítulo se ilustra la arquitectura y composición de un microrobot, detallando las partes y sistemas que lo componen e identificando su funcionalidad y características. Con ello se pretende facilitar la comprensión al lector y exponer las bases de la construcción del prototipo. En los posteriores capítulos se ampliará esta información sobre algunos de los elementos, los que son objeto de estudio de este proyecto.

Tal y como se mencionó en los apartados anteriores, la normativa de la competición fija los parámetros básicos del robot individual, así como su arquitectura global. Debido a la naturaleza de la competición, se exige la utilización de un sistema global de visión capaz de determinar las posiciones de la pelota y de los robots, en el que las señales son comunes a ambos equipos, pero el procesamiento de la información está distribuida; un sistema de comunicación inalámbrica para garantizar la autonomía de los robots y el control entre el ordenador maestro y los miembros del equipo, y un sistema de inteligencia artificial que desarrolle la estrategia y la táctica a seguir. Además, el sistema debe ser capaz de interconectarse con el árbitro, que a través de un ordenador enviará las señales oportunas.

A través de la siguiente imagen se muestran las relaciones mencionadas anteriormente.

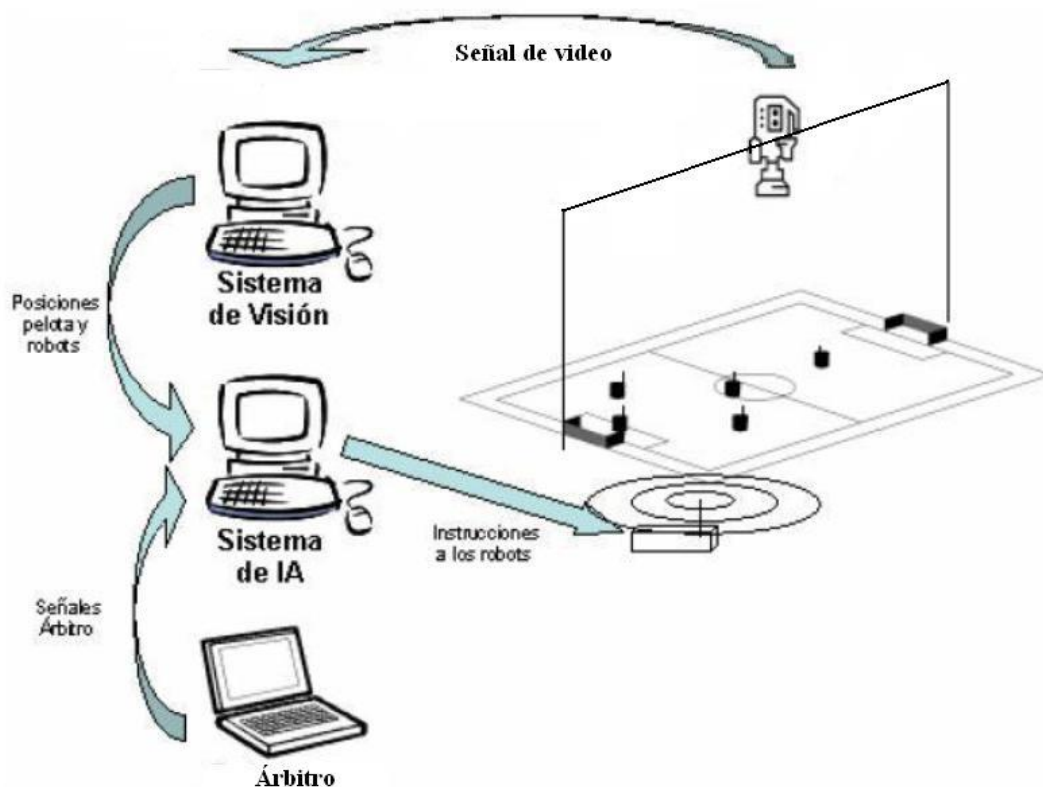


Ilustración 3.1.- Arquitectura del sistema



A modo de resumen, la arquitectura global puede dividirse en los siguientes cuatro subsistemas interconectados entre sí, pero con funciones muy diferentes:

1. Sistema de visión.
2. Sistema de inteligencia artificial.
3. Sistema de control del árbitro.
4. Los propios robots.

Sin embargo, de forma general se alberga en un mismo ordenador maestro el sistema de inteligencia artificial y el sistema de visión, debido a que el procesamiento de los inputs está estrechamente relacionado con la elección de la estrategia.

### **3.1. SISTEMA DE VISIÓN**

La función del sistema de visión es determinar las posiciones de la pelota y de los robots dentro del campo de juego, además debe conocer la orientación de éstos en función de los colores de la cubierta de cada robot. La organización de la competición proporciona un sistema de visión compuesto por una cámara para ambos equipos. Dicho elemento se sitúa a una altura de cuatro metros en el punto medio del campo.

El funcionamiento consiste en recibir las señales de las cámaras de vídeo o sensores (si bien existe una única cámara de visión global, los robots pueden estar equipados por un sistema de visión o detección individual, limitada a 225mm), procesar las imágenes y las señales para identificar los objetos de interés, y enviar las conclusiones al sistema IA.

### **3.2. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

El objetivo de este sistema es decidir la estrategia y táctica a seguir, es decir que ejerce el control sobre el resto de los sistemas. La toma de decisiones debe partir de la información que recibe a través de los sistemas de visión (esto incluye la posición y orientación de los robots del equipo, de la pelota y los robots contrarios), las señales del árbitro, así como otras posibles señales que provengan de los propios robots.

Todo este flujo de información se transmite a través de un módulo de comunicación inalámbrica, suficientemente robusto y que minimice la aparición de interferencias, ya que es la piedra angular de la coordinación entre los distintos sistemas.

### **3.3. SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO**

A través de las normas del concurso se advierte que el árbitro es un personaje fundamental en el desarrollo de los partidos, ya que es la persona encargada de vigilar el cumplimiento de las reglas, y llevar a cabo las decisiones e interpretaciones de las mismas para asegurar un enfrentamiento justo e igualitario. Éste se ayudará de señales visuales y acústicas (voz y silbato) para indicar al asistente las señales a transmitir a los sistemas IA de los diferentes equipos.

### 3.4. ROBOTS

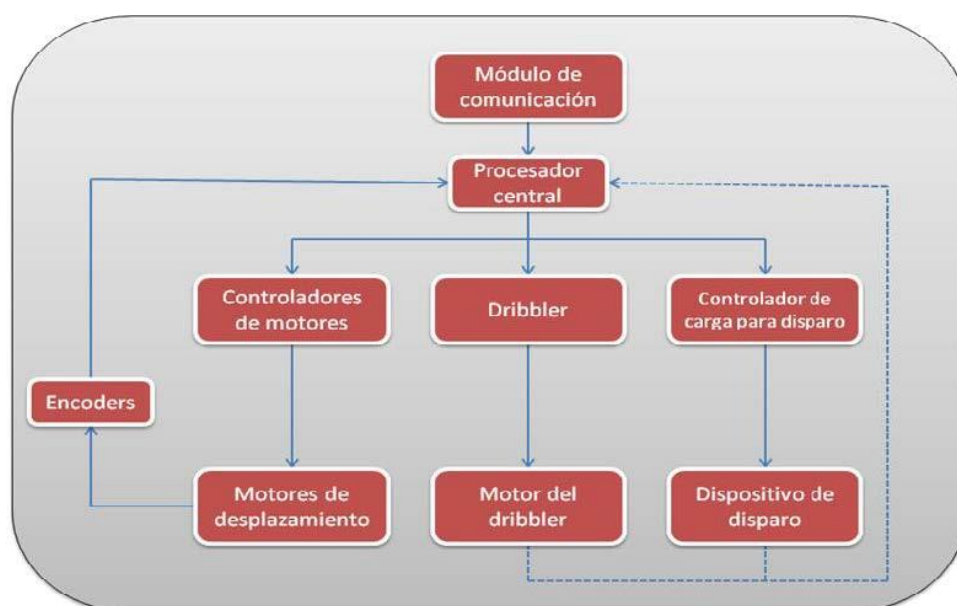
Este tipo de elementos son los encargados de llevar a cabo las acciones y movimientos que determine el sistema de IA. Dada la alta exigencia y diversidad de movimientos que necesita el juego, los robots tienen las siguientes funcionalidades básicas.

Para poder llevar a cabo dichas instrucciones, el robot deberá ser capaz de comunicarse con el sistema maestro de IA, ya sea recibiendo las señales que le envíen, procesarlas y ejecutarlas, como enviar los datos convenientes que sirvan como realimentación del sistema global. Con el fin de facilitar la comunicación entre el sistema IA y cada uno de los robots, a la vez que se respeta la autonomía de los mismos, resulta imprescindible el uso de un módulo de comunicación inalámbrica.

En cuanto a las capacidades mecánicas, el robot debe dotarse de un desplazamiento omnidireccional, es decir, en cualquier dirección según sean las indicaciones del sistema de IA. Además, la velocidad a la que se ejecuta el movimiento debe ser controlable y regulable. Ser capaz de golpear la pelota, con capacidad de regular la potencia de disparo en función si se realiza un pase o un disparo; así como controlar y manejarla, para poder desplazarse sin perder su posesión. Esta acción también se conoce bajo el término “dribbling”. Por último, se requiere que sean suficientemente robustos como para bloquear los pases o disparos a portería del equipo contrario. Esta misión está destinada en gran medida al robot que ejerza como guardameta.

Así, tendremos los módulos que se muestran en la figura 3.2, y que conforman los componentes de un robot genérico con dichas características. Como se puede observar, cada sistema físico, motores y disparador, funcionan de manera independiente; aunque mantienen una retroalimentación hacia el procesador central, que unifica las señales y centraliza la información para transmitir las hacia el sistema maestro de IA.

La figura 3.2 representa un diagrama de los componentes principales de un robot F180.



**Ilustración 3.2.- Partes funcionales de un robot F180**

### **3.5. LOS PARTIDOS F180**

La dinámica que deben seguir los partidos queda profusamente descrita en la normativa del concurso; si bien, cabe destacar la elevada intensidad que requieren. Esto se debe a las altas velocidades con las que está permitido desplazar el robot, y la potencia de golpeo de la pelota; así, se llegan a alcanzar velocidades de movimiento de hasta 2,3 m/s y 3m/s, respectivamente.

Por lo tanto, a pesar de la corta duración de los partidos (de manera general, los partidos de la liga SSL tienen una duración de 20 minutos, y consta de dos tiempos, 10 minutos cada uno), se requiere un alto rendimiento de todos los componentes, y sobre todo de los componentes mecánicos que se someten a un elevado desgaste y esfuerzo. Además, el control y la precisión son imprescindibles, ya que las acciones innecesarias tienen un alto precio para el resultado de los partidos.

Todo ello ha suscitado denominar a esta liga como “liga de ingeniería”, debido a los amplios conocimientos que se necesitan para el diseño completo de este tipo de microrobots. En ella se aplican disciplinas de la ingeniería como el diseño electro-mecánico, teoría de control, electrónica de potencia, electrónica digital y comunicación inalámbrica.

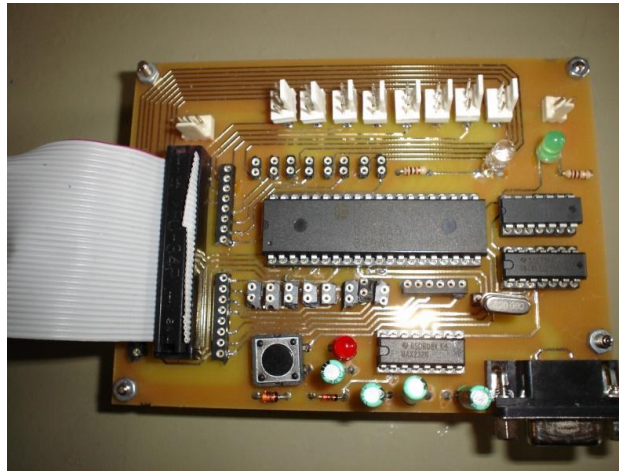
### **3.6. ARQUITECTURA DEL MICROROBOT F180**

A continuación se describirán con mayor detalle los módulos que deben componer un microrobot, a pesar de que en apartados anteriores se han ido mencionando algunos de ellos. La descripción se realiza de manera genérica, especificando las funciones y características de estos elementos. Si bien, los tres capítulos posteriores se dedican exclusivamente a desarrollar el diseño para la aplicación concreta que atañe a este proyecto.

#### **3.6.1. SISTEMA DE PROCESAMIENTO**

Este elemento hace las veces de “cerebro” del robot, ya que es el encargado del control del mismo, y resulta necesario para lograr construir un robot autónomo. Por un lado, en este sistema se recogen y gestionan las señales del exterior, ya sean sede el sistema de IA, o los propios sensores con los que se equipe el robot. El sistema de procesamiento traduce y adapta las instrucciones que dicta la IA; desde q el entorno de programación a alto nivel en el que trabaja el ordenador maestro, hasta llegar a las órdenes concretas para accionar los sistemas mecánicos del robot.

Con el fin de interactuar adecuadamente con el entorno, debe contar con un módulo de entradas y salidas tanto analógicas como digitales. Debido a la naturaleza de la competición, es necesario además el empleo de comunicación inalámbrica para realizar la transmisión de información. El procesador del robot será el encargado de manejar esta comunicación, seleccionando la frecuencia para la transmisión y estableciendo los canales necesarios. [4]



**Ilustración 3.3.- Módulo de control desarrollado por la LSI-Eurobot 2008**

Por lo tanto, resulta especialmente necesario que el sistema de control seleccionado para formar parte del robot F180 conste de un módulo de comunicación Wi-Fi, capaz de enviar y recibir información sin necesidad de un cable físico.



**Ilustración 3.4- Controlador comercial RCM4400-Rabbit**

En la construcción de robots, el sistema de procesamiento puede ser diseñado a medida, como el mostrado en la figura 3.3, u optar por un módulo comercial entre la amplia variedad existente en el mercado (como el mostrado en la figura 3.4.) De manera general, los módulos comerciales incluyen un kit de desarrollo para facilitar su manejo y el aprendizaje del usuario, y garantizar que se consigue un rendimiento óptimo. Además, la utilización de equipos comerciales maximiza la obtención de recursos ocupando el mínimo espacio posible.

### **3.6.2. SISTEMA DE LOCOMOCIÓN**

Todo robot móvil requiere de un sistema mecánico que le proporcione la capacidad de desplazarse. Existen diversas soluciones para lograr esta funcionalidad, y en gran parte determina la clasificación o el tipo de robot que se va a construir. A pesar de que muchas de las soluciones implementadas en la robótica están basadas

en organismos vivos, o inspiradas en soluciones de la naturaleza, el elemento más usado es la rueda.

El funcionamiento de esta invención de la humanidad está basado en el principio de fricción. Es un elemento verdaderamente versátil y cubre de manera simple la necesidad de movilidad.

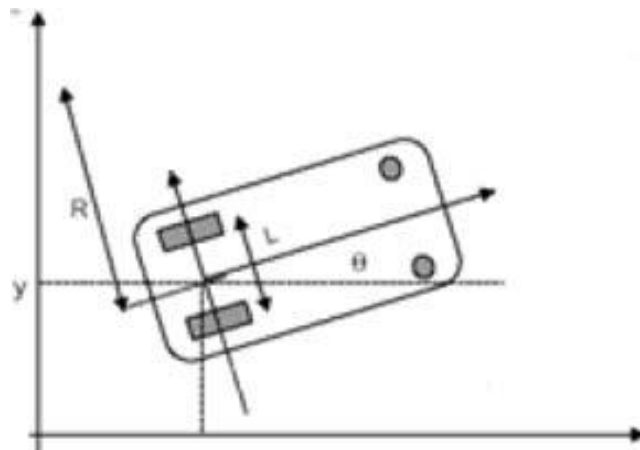
El comportamiento de la rueda es mejor en superficies planas, ofreciendo una correcta estabilidad, es decir, que es sencillo de controlar, y equilibrio.

El diseño y/o selección de los elementos móviles (ruedas) está determinado, en gran medida, por el tipo de desplazamiento que debe realizar el robot. De esta manera, se explican a continuación los diferentes tipos de desplazamiento que pueden encontrarse en el diseño de microrobots [2].

### 3.6.2.1. El desplazamiento diferencial.

El desplazamiento diferencial consiste en proporcionar una diferencia de velocidades entre las dos ruedas motrices para cambiar la orientación del robot. Este tipo de control de los movimientos del robot, la dirección y velocidad de giro de las ruedas; de forma que si éstas giran en sentidos contrarios, el robot rotará sobre sí mismo. Por lo tanto, si se desea que el robot mantenga su orientación, la velocidad y dirección de giro de ambas ruedas deberán ser iguales. De esta manera, cuanto mayor sea la diferencia entre velocidades, mayor será el cambio de dirección. [10]

En la figura 3.5 se pretende mostrar un robot dotado de desplazamiento diferencial, que presenta dos ruedas motrices y dos ruedas pasivas, que se mueven en función del movimiento global del robot. En este caso, se produce la rotación del robot, sin traslación.



**Ilustración 3.5.- Tracción diferencial**

Este tipo de desplazamiento es el más sencillo, ya que cada rueda se controla de forma independiente, y resulta muy flexible, permitiendo trabajar en espacios muy reducidos por sus altas capacidades de giro. Consta del número de ejes necesarios, con dos ruedas cada uno, y al menos una rueda adicional sin tracción (denominada caster o rueda loca), para mantener el equilibrio y la estabilidad.

Con esta configuración se permiten realizar giros sobre sí mismo, girar sobre una rueda, o girar mientras se avanza. Sin embargo, tiene el inconveniente de

presentar una alta sensibilidad del control de la velocidad, de manera que cambios muy pequeños en las velocidades de las ruedas debido a posibles errores, generan grandes cambios en la trayectoria.

Un caso particular de la tracción diferencial es la tracción mediante orugas, ya que se sustituyen las ruedas por cintas, como en los tanques. Esto permite su uso en los casos en los que el terreno presente irregularidades, aunque el deslizamiento en los giros es muy grande, perdiendo bastante precisión.

Ventajas:

- Permite el giro del robot sobre sí mismo, lo que asegura un correcto comportamiento en las curvas.

Inconvenientes:

- No se consigue alcanzar el máximo rendimiento de las ruedas al tomar una curva, dado que alguna de las ruedas debe frenar o incluso invertir el sentido de giro.
- El control del movimiento en línea recta resulta muy complicado, ya que se debe asegurar la misma velocidad para las dos ruedas. Puede solventarse mediante el control dinámico con retroalimentación.
- Las ruedas “locas” pueden generar problemas de tracción en las directrices, debido a las irregularidades del terreno.
- El diseño e implementación resultan complejos.

### 3.6.2.2. TRACCIÓN SÍNCRONA

La configuración más usual en este tipo de sistema consta de tres ruedas orientables, formando un triángulo equilátero. Las tres ruedas son a su vez motrices y directrices; además, están ligadas de manera que apunten a la misma dirección siempre, y giren a la misma velocidad. Esto se consigue mediante un conjunto de correas que conectan las ruedas. Se usan dos motores independientes, uno hace rotar las ruedas y el otro las hace girar de manera simultánea. Dado que todas las ruedas permanecen paralelas, el robot rota siempre alrededor de su centro geométrico. [10]

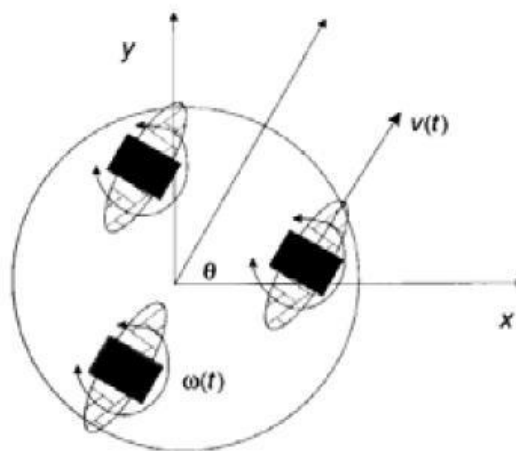


Ilustración 3.6.- Tracción síncrona



Ventajas:

- Se evitan los problemas de inestabilidad y de pérdida de contacto del desplazamiento diferencial.

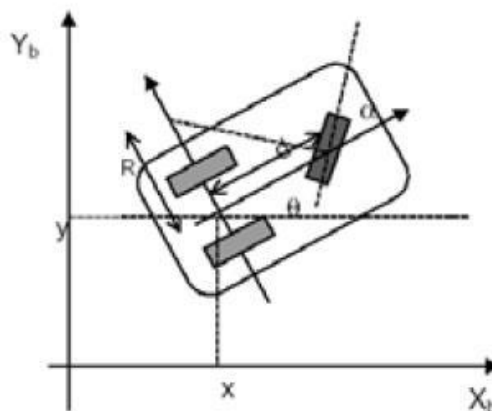
Inconvenientes:

- Exige una mayor complejidad mecánica.

### 3.6.2.3. RUEDAS DIRECTRICES O TRICICLO

Este tipo de desplazamiento se basa en un sistema de tracción y dirección independientes. Así, consta de tres ruedas, dos fijas para lograr la tracción del robot, y una tercera que dota de direccionalidad al sistema, pero que carece de tracción. Con esta configuración se persigue un alto nivel de precisión y control sobre el giro del robot.

El centro instantáneo de curvatura (CCI) debe situarse en la línea que pasa y es perpendicular a las ruedas traseras fijas. El CCI indica el centro de curvatura instantánea, donde se cruzan todos los ejes de las ruedas directrices. [2]



**Ilustración 3.7.-Ruedas directrices**

Ventajas:

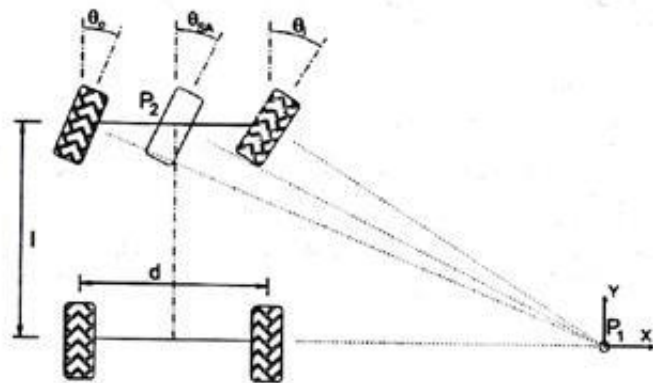
- Este sistema presenta una buena estabilidad y simplicidad mecánica.
- Las ruedas de tracción pueden ir a máxima velocidad, siempre que el radio de giro de la pista sea lo suficientemente grande.
- Garantiza una mayor facilidad para mantener una trayectoria rectilínea.

Inconvenientes:

- La cinemática necesaria para llevarlo a cabo resulta más compleja.
- El radio de giro del robot no es muy grande, por lo que se deberá reducir la velocidad antes de realizar un giro o tomar una curva.
- No es recomendable su uso para robots que operen en un espacio de dimensiones reducidas, que precise de una gran libertad de movimientos.

### 3.6.2.4. TRACCIÓN ACKERMAN

Es similar al desplazamiento de triciclo, ya que se basa en dotar de ruedas directrices y crear un sistema independiente de tracción. Por lo tanto, de las cuatro ruedas que lo componen, las delanteras proporcionan direccionalidad (en ocasiones también son ruedas motrices), y el tren trasero es el que recibe la propulsión de los motores. Se emplea de manera generalizada en robots autónomos para exteriores, en vehículos a motor, y es la usada en los coches.



**Ilustración 3.8.- Tracción Ackerman**

Ventajas:

- Las ruedas de tracción pueden ir a máxima velocidad, siempre que el radio de giro de la pista sea lo suficientemente grande.
- Tiene una buena estabilidad.
- Permite un control muy bueno en las rectas.

Inconvenientes:

- El radio de giro del robot no es muy pequeño, por lo que se deberá reducir la velocidad antes de realizar un giro o entrar en una curva.
- Presenta una mayor complejidad mecánica que el triciclo, debido al acoplamiento entre las dos ruedas de dirección.

### 3.6.2.5. EL DESPLAZAMIENTO OMNIDIRECCIONAL.

Los robots omnidireccionales son capaces de moverse en cualquier dirección sin necesidad de alcanzar una orientación previa específica. Para ello se requiere un diseño de ruedas que puedan moverse en varias direcciones, como las que se muestran a continuación. Los rodamientos de las ruedas hacen posible el desplazamiento en la misma dirección que el eje de la rueda, mediante un movimiento de arrastre de la base del robot. [11]



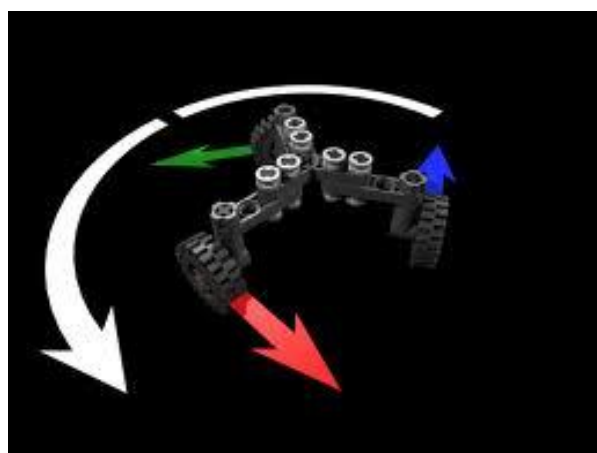


**Ilustración 3.9.- Rueda omnidireccional**

El movimiento omnidireccional resulta de gran interés para la construcción de robots móviles, ya que permite una completa maniobrabilidad, a la vez que hace posible la traslación sobre la ruta deseada se puede combinar con una rotación, de modo que el robot llega a su destino en el ángulo correcto.

Esta configuración precisa de al menos tres ruedas omnidireccionales, que proporcionan la fuerza necesaria en dirección perpendicular al eje del motor, y paralela a la superficie. El funcionamiento se basa en la suma total de dichas fuerzas, que provoca la traslación y rotación del robot.

Los sistemas de tres ruedas omnidireccionales tienen la ventaja, frente a los sistemas de cuatro ruedas, que reducen el coste debido al uso de una rueda menos y de la reducción de la mecánica asociada. Además, al tratarse de tres puntos de apoyo, se asegura el contacto con el suelo. Sin embargo, el control de velocidad de cada una de las tres ruedas es totalmente independiente, lo que obliga a una mayor capacidad de cálculo frente a un sistema de 4 ruedas, en el que las velocidades de las ruedas pueden relacionarse por pares de manera muy simple. La capacidad de cálculo puede ser un factor limitador en sistemas basados en microprocesadores pequeños. Uno de los montajes típicos en tres ruedas es la denominada plataforma de Killough [12].



**Ilustración 3.10.- Ejemplo plataforma de Killough**

Ventajas:

- Permite realizar movimientos complejos, con una elevada sencillez.

Inconvenientes:

- No existen restricciones mecánicas que garanticen el movimiento en línea recta
- Resultan difíciles de implementar.

### 3.6.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La necesidad que se desea cubrir con este sistema consiste en proporcionar la energía que precisen los elementos del robot. Esto debe realizarse según la cantidad requerida, y a tiempo para llevar a cabo las acciones necesarias. Además, la selección de los elementos que lo componen deben adecuarse a las dimensiones máximas permitidas para la competición.

El sistema de alimentación está compuesto por un elemento de almacenamiento de energía o batería y por un subsistema capaz de acondicionar y adecuar la energía según las necesidades de los elementos del robot.



**Ilustración 3.11.- Ejemplo de batería**

En cuanto a la batería, se encuentran en el mercado multitud de tecnologías diferentes, según sean sus componentes químicos; a saber, Níquel-Cadmio, Níquel metal-hidruro, Ión-Litio o Litio-polímero. Esto da lugar a diferentes características relacionadas con el funcionamiento, el peso o el volumen de la misma.

Para el subsistema de acondicionamiento, también se comercializa una amplia variedad de reguladores de tensión, ya sean elevadores o reductores, reguladores de corriente, y rectificadores. Para realizar una selección adecuada, será necesario analizar los requerimientos de alimentación de los elementos que componen el robot.

### **3.6.4. Estructura**

La estructura del robot está destinada a darle forma, resistencia y robustez, así como generar los espacios necesarios para albergar los diferentes sistemas; que deberán fijarse en la base del microrobot F180. La estructura servirá también como protección frente a los golpes, evitando los posibles daños de los elementos internos del robot [5].

Por todo lo anterior, el diseño la estructura debe basarse en garantizar la solidez y robustez necesarias, bajo los requerimientos dimensionales y de peso, de manera que no se interfiera negativamente en las capacidades de movilidad del robot.

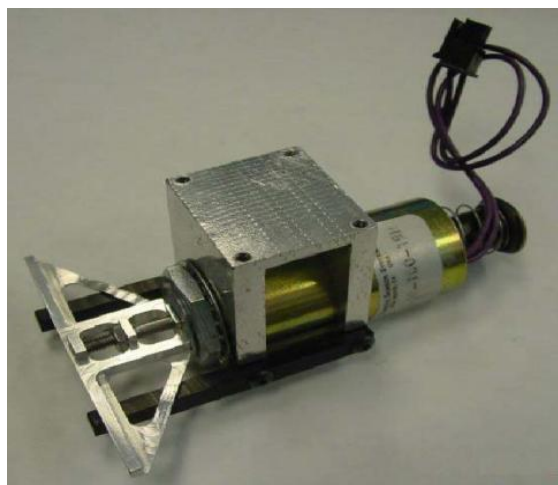


**Ilustración 3.12.-Estructura de un robot F180**

### **3.6.5. Sistema de disparo**

Este sistema se centra en el golpeo de la pelota, resultando ser uno de los sistemas que mayor influencia tienen en el desarrollo de los partidos: un disparador robusto y eficiente aumentará considerablemente las opciones de marcar puntos, y por lo tanto determina la capacidad del equipo para triunfar en la competición. [3]

Los principales requerimientos son las elevadas exigencias de la potencia de disparo, llegando a disparos de 10 m/s (límite máximo según la normativa), y el reducido espacio disponible en la estructura del robot.



**Ilustración 3.13.- Opción de sistema de disparo robot F180**

Tras el análisis de las diferentes soluciones implementadas por los equipos participantes, cabe destacar la gran variabilidad de las mismas en cuanto a la tecnología seleccionada. Las principales opciones de diseño pueden clasificarse en: sistemas neumáticos, sistemas con servomotores, sistemas de muelles o sistema con solenoide. [6]

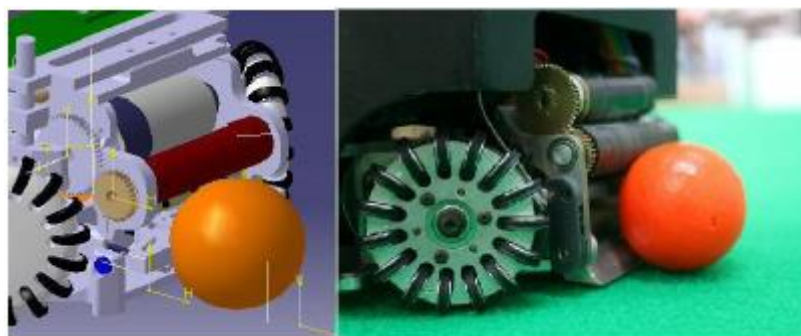
PROPIEDADES	Neumático	Servomotor	Muelle	Solenoide
Potencia de disparo	→	↓	↑	↑
Tiempo entre disparos	↑	↑	↑	↑
Número de disparos	↓	↑	↑	↑
Modulación de potencia	↑	↑	↑	↑
Espacio requerido	↓	→	↓	↑
Peso	→	↑	↓	↑
Costes	↑	↑	→	↑
Seguridad	↑	↑	↑	↓

**Ilustración 3.14.- Comparativa sistema de disparo**

A través de la tabla anterior, se trata de calificar las características de los diferentes sistemas para facilitar la comparativa y selección de una determinada tecnología; de manera que las flechas hacia arriba suponen una ventaja de un determinado sistema frente al resto, mientras que las flechas hacia abajo muestran una desventaja en ese campo. Las flechas horizontales corresponden a características que no son determinantes para la elección de un tipo de sistema, y supondría una valoración media de la funcionalidad indicada.

### 3.6.6. Sistema Dribbler

Otra de las habilidades principales que debe poseer el robot F180 es poder mantener la posesión de la pelota de manera controlada. El sistema encargado de esta función es conocido como dribbler o regateador. [7]

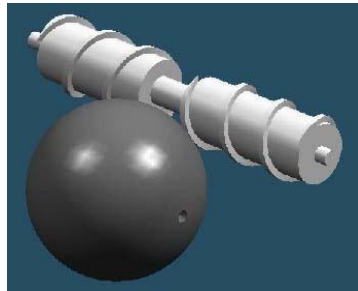


**Ilustración 3.15.- Modelo de sistema dribbler**

Este mecanismo está compuesto de un motor que gira, a través de un sistema de transmisión, una barra cilíndrica de material plástico. La barra, al entrar en contacto con la pelota es capaz de hacerla girar sobre sí misma, permitiendo el desplazamiento simultáneo del robot. La ubicación de la barra está sujeta a las directrices que fija la normativa en los apartados que describen el regateo (apartado 2.4. y decisión 4 del

apartado 2.12). Debido a las normas mencionadas, la fuerza ejercida sobre la pelota debe ser perpendicular al plano de la superficie, y sólo se permite cubrir el 20% de la superficie de la pelota, impidiendo rodear la bola.

La solución más sencilla se basa en el uso de un cilindro para la construcción de la barra. Sin embargo, esto permitiría el desplazamiento de la pelota a lo largo del eje, lo que supondría un grave problema a la hora de golpear la pelota, ya que el punto de contacto con el disparador no estaría centrado. Como posible solución, se plantea la modificación del cilindro según propone el equipo RoboRoos (Universidad de Queensland, Australia), con estrías a modo de tornillo que dirijan la pelota hacia el centro longitudinal de la barra.



**Ilustración 3.16.- DribblerRoboRoos**

## **CAPÍTULO 4: SISTEMA DE LOCOMOCIÓN**

### **4.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE LOCOMOCIÓN.**

Se entiende por locomoción el desplazamiento del microrobot por el ambiente en el que va a desarrollar su tarea y para el cual es necesario la utilización de diversos elementos motrices, generalmente ruedas, motores eléctricos y baterías para su alimentación.

En el capítulo anterior se han explicado y clasificado los distintos tipos de tracción que se pueden usar como sistema de locomoción para los robots de rodadura.

Los sistemas son los siguientes:

- Tracción diferencial
- Tracción síncrona.
- Ruedas directrices.
- Tracción Ackerman.
- Desplazamiento omnidireccional.

Teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de los diferentes sistemas de tracción y las limitaciones impuestas por la Federación de Robocup, en el prototipo del año 2010 se considero que el mejor sistema de tracción es el omnidireccional. [6]

Este sistema fue elegido debido a las ventajas que ofrece como:

- La tracción de este sistema permite una mayor velocidad constante, independientemente del tipo de trayectoria que se desee utilizar.
- La habilidad de pivotar sin la necesidad de desplazarse en absoluto, lo que permite colocar al robot después de un giro en el ángulo deseado.
- Se evita el problema de tener que usar mecanismos como engranajes, y se libera espacio para otros sistemas.

En resumen este sistema permite una maniobrabilidad y velocidad alta en espacios reducidos, lo que es perfecto para el objetivo a conseguir.

### **4.2.- SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2010**

El tipo de rueda escogido para el prototipo del 2010 fue el modelo 2051K de Kornilak, seleccionando los rodillos de poliuretano frente a las otras opciones del fabricante; como el polipropileno con una capa de goma sintética o de un plástico con alta resistencia a los impactos. Con este tipo de rodillos se buscaba una mayor tracción y agarre que los cubiertos por goma, además de haber sido diseñados para aumentar la amortiguación.

El modelo seleccionado (2051K) presenta una ranura para mejorar el acople del riel, motor, etc., de tal forma que se facilita la transmisión del movimiento.

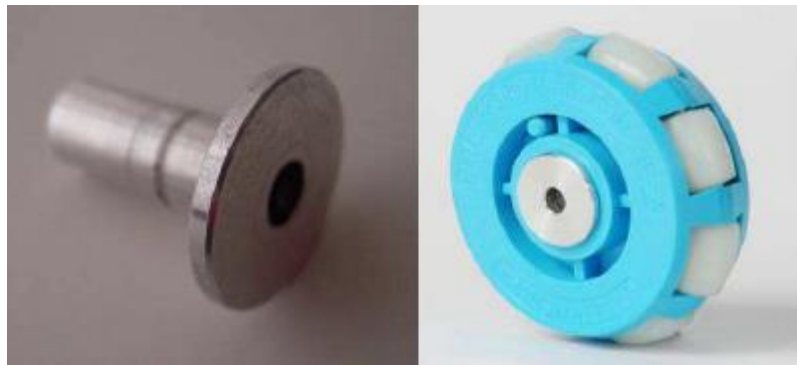




Diámetro exterior: 49.2 mm  
Diámetro del Buje: 9.5  
Peso: 28.35 g  
Carga máxima admisible: 11.3 Kg

#### **Ilustración 4.1.- Rueda 2051K**

Se diseñó un casquillo como acoplamiento entre el eje del motor y la rueda consiguiendo así que se pueda acoplar el motor al buje de la rueda 2051. Para su instalación se empleó un adhesivo a base de cianocrilato. En la siguiente figura se muestra la rueda con el cilindro acoplado.



#### **Ilustración 4.2.- Acoplamiento rueda.**

En cuanto a la elección de los motores se optó por utilizar cuatro del modelo EC45 FLAT BRUSHLESS 30W, con electrónica integrada, capaz de proporcionar un par de 91 Nm y una velocidad de hasta 6.000rpm que satisface los requisitos exigidos de un par (después de engranes) de 86 Nm y una velocidad de 1.165 rpm.



#### **Ilustración 4.3.- Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada.**

La configuración existente se basa en cuatro ruedas omnidireccionales, considerando una distribución uniforme en la circunferencia de 180mm de diámetro que el robot describe; posicionando cada motor a ( $\pi/2$  rad) con respecto del otro. De esta forma, se optó por una base circular en la cual se dispondría de los motores guardando una formación cuadrangular con cuatro ruedas omnidireccionales.



**Ilustración 4.4.- Base con los motores y ruedas omnidireccionales.**

### 4.3.- SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2011

En el prototipo del año 2011 la primera mejora que se consideró fue el cambio de las ruedas. El modelo 2051K de Kornilak fue sustituido por el modelo 2.75" el fabricante VEX.

La grandiferencia del nuevo modelo radica en el material de fabricación de los rodillos: goma blanda sobre plástico ABS. Este tipo de material proporciona una mejor adherencia de las ruedas a la superficie de juego, aumentando así la tracción sin perder la capacidad de deslizamiento omnidireccional. Por otra parte estas ruedas presentan un diámetro mayor y por tanto un mayor número de rodillos, lo cual hace más suave el paso de uno a otro permitiendo eliminar el problema de traqueteo detectado en el prototipo del 2010.



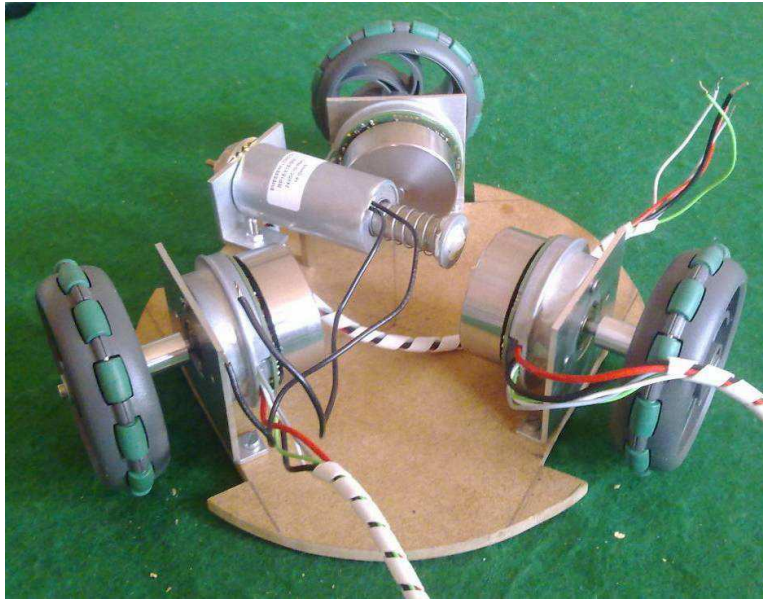
Material de la rueda: Plástico ABS  
Material de los rodillos: Goma blanda sobre plástico ABS  
Diámetro: 69.9 mm  
Anchura: 19.3 mm  
Peso total: 33.6 g.

**Ilustración 4.5.- Rueda omnidireccional VEX 2.75"**



Tras un análisis de las características de este motor, se decidió cambiar la configuración de cuatro motores y utilizar únicamente tres. De este modo se reducen los costes del robot, el peso, se aumenta la duración de la batería como consecuencia de la reducción del consumo eléctrico y una mejora de la estabilidad dado que el triple apoyo asegura que todas las ruedas estén en contacto con el suelo en todo momento.

La diferencia dimensional entre el diámetro del eje del motor y el tamaño del agujero central de la rueda hizo necesario el diseño de un nuevo casquillo a modo acoplamiento. Basándose en la solución del prototipo del 2010, se decidió mejorar y adaptar el acoplamiento existente.



**Ilustración 4.6.- Montaje completo sobre la base del robot de 2011**

#### **4.4.- SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2012.**

En el año 2012 se propone modificar los casquillos para reducir el espacio entre los motores y las ruedas. En la siguiente ilustración podemos observar como las ruedas sobresalen demasiado de la base del robot y sobrepasan en gran medida las dimensiones máximas del robot, establecidas por normativa en 180 mm de diámetro.



**Ilustración 4.7.- Dimensiones del prototipo 2011.**

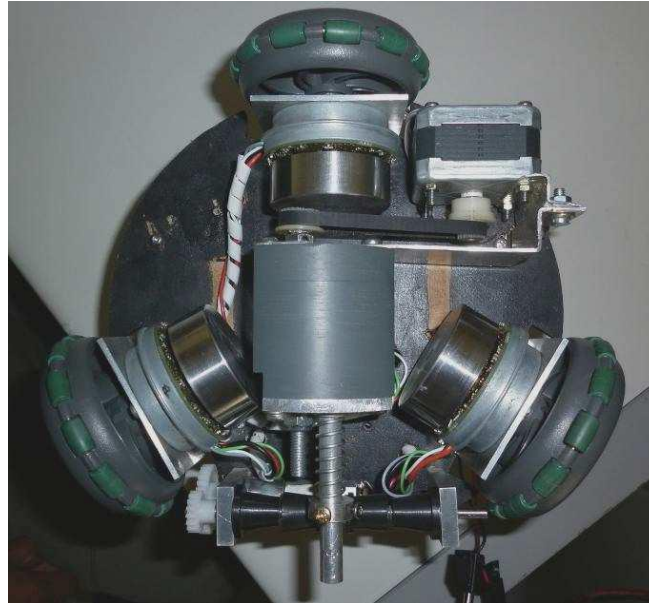
Se optó entonces por simplificar el casquillo y diseñar una única pieza que sirviera de interfaz entre la rueda y el motor y de menor longitud. Para ello se modificó el agujero central con forma cuadrangular de la rueda convirtiéndolo en un agujero circular. De este modo en el agujero de la rueda se acoplaría directamente el casquillo sin necesidad de usar terminación cuadrada como interfaz con la rueda. Por otro lado, el casquillo anterior era de gran longitud cuando realmente no era necesario que fuera tan largo. La misión principal del casquillo es albergar los tres prisioneros que garantizan el agarre entre el eje del motor y el casquillo. De este modo, se redujo la longitud del casquillo a la mínima necesaria pero cuidando en todo momento de garantizar la transmisión del movimiento.

La siguiente imagen muestra las modificaciones realizadas en la rueda y el casquillo para el prototipo 2012 (rueda izquierda) con respecto al 2011 (rueda derecha):



**Ilustración 4.8.-Diferencias entre los prototipos 2011 y 2012.**

El objetivo final de reducir las dimensiones de los casquillos para disminuir el espacio entre los motores y ruedas fue conseguido, cumpliendo con los 180 mm de diámetro que establece la normativa del juego.



**Ilustración 4.9.- Montaje completo sobre la base del robot de 2012.**

### **4.5.- SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2013/2014.**

Llegados a este punto parecía que el sistema de locomoción estaba bien pulido y funcionaba de maravilla, pero debido a que el fabricante de las ruedas 2,75" VEX dejó de fabricarlas y no se pudo encontrar ese mismo modelo de ruedas de otros fabricantes, se ha tenido que buscar otras ruedas alternativas que puedan sustituir a estas.

Después de una búsqueda por distintos fabricantes se encontraron dos modelos de ruedas diferentes, las 2.75" Omni Directional Wheel - Double Roller mostradas a continuación:



**Ilustración 4.10.- 2.75" Omni Directional Wheel - Double Roller.**

Esta rueda, debido a que su fabricante y su diámetro es el mismo que en la rueda usada en el prototipo anterior, fue la primera opción que se barajo. Pero debido al ancho de la rueda, que supera con creces a las ruedas anteriores, se decidió usar otra rueda con un ancho menor para no tener que modificar la estructura y el sistema de disparo.

Las ruedas que se eligieron para el sistema de locomoción son las Robot 50/17/14mm universal rueda.



**Ilustración 4.11.-Robot 50/17/14mm universal rueda.**

Para acoplar estas ruedas se fabricaron unos casquillos de aluminio con un prisionero para fijar la rueda al eje del motor, debido a que el diámetro interior de la rueda es mayor que el eje del motor. Una vez finalizados los casquillos la rueda queda de la siguiente manera.



**Ilustración 4.12.- Casquillo.**



Debido a que estas ruedas tienen un diámetro menor que las ruedas anteriores también se han fabricado nuevas escuadras para acoplar las ruedas a la base del robot. Estas escuadras tienen la misma estructura que las usadas hasta ahora, simplemente son más largas que las anteriores para mantener la base del robot a la misma altura después del cambio de ruedas.

También se les ha dado forma redondeada a las escuadras, en vez de cuadrada, para usar menos material y reducir el peso del robot.



**Ilustración 4.13.- Escuadra de sujeción de las ruedas.**

Una vez tenemos las tres ruedas acopladas a la base del robot el resultado es el siguiente.



**Ilustración 4.14.- Montaje final con ruedas Robot 50/17/14mm universal**

Sin embargo una vez se tenía montado el robot y se probó sobre el terreno se observó que con estas ruedas se vuelve a tener el problema del traqueteo, además debido al material con el que están fabricadas la adherencia de estas ruedas es peor que las del fabricante VEX.

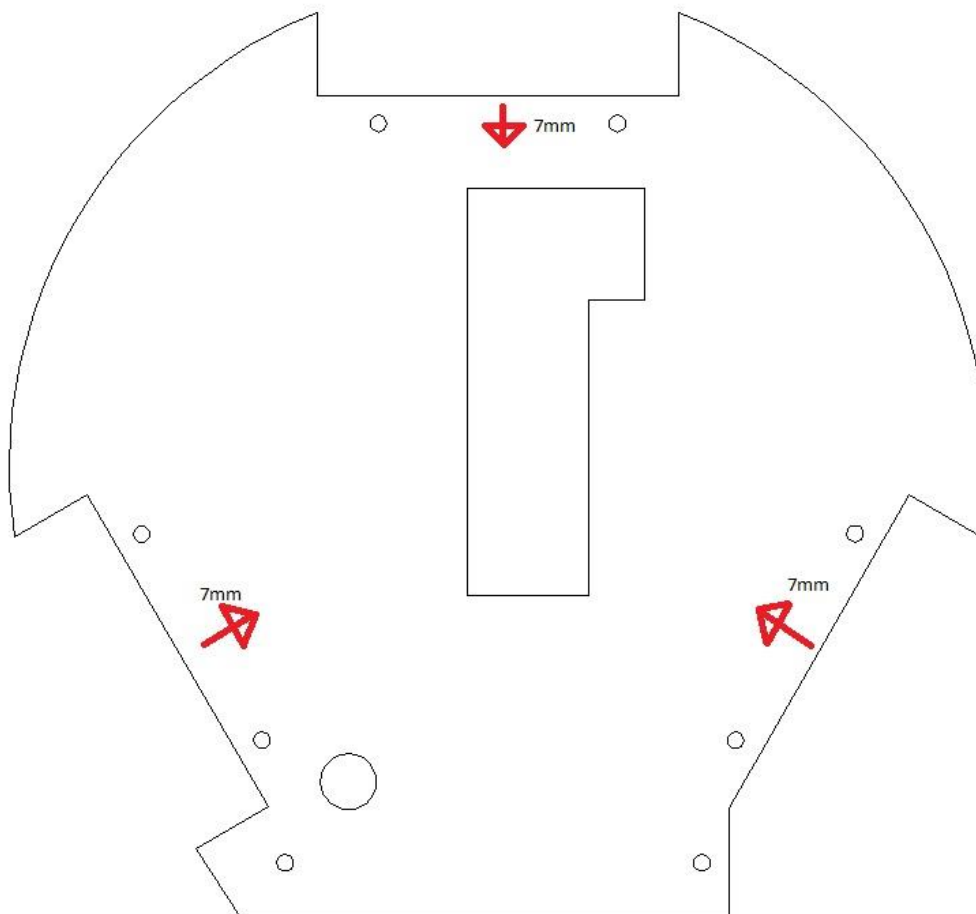
El problema de las ruedas VEX es que debido a su grosor el robot supera los 18 cm de diámetro permitidos en la competición, por lo que para poder adaptar las ruedas VEX al robot se requieren ciertas modificaciones en la base de la estructura del robot y en el disparador.

Se compraron tres ruedas VEX para poder medir el espacio del que disponíamos y el que podíamos reducir del diseño actual y se observó que con ciertos cambios podría ser posible adaptar estas ruedas al robot. Los cambios realizados son los siguientes.

### 4.5.1.- MODIFICACIONES EN LA ESTRUCTURA.

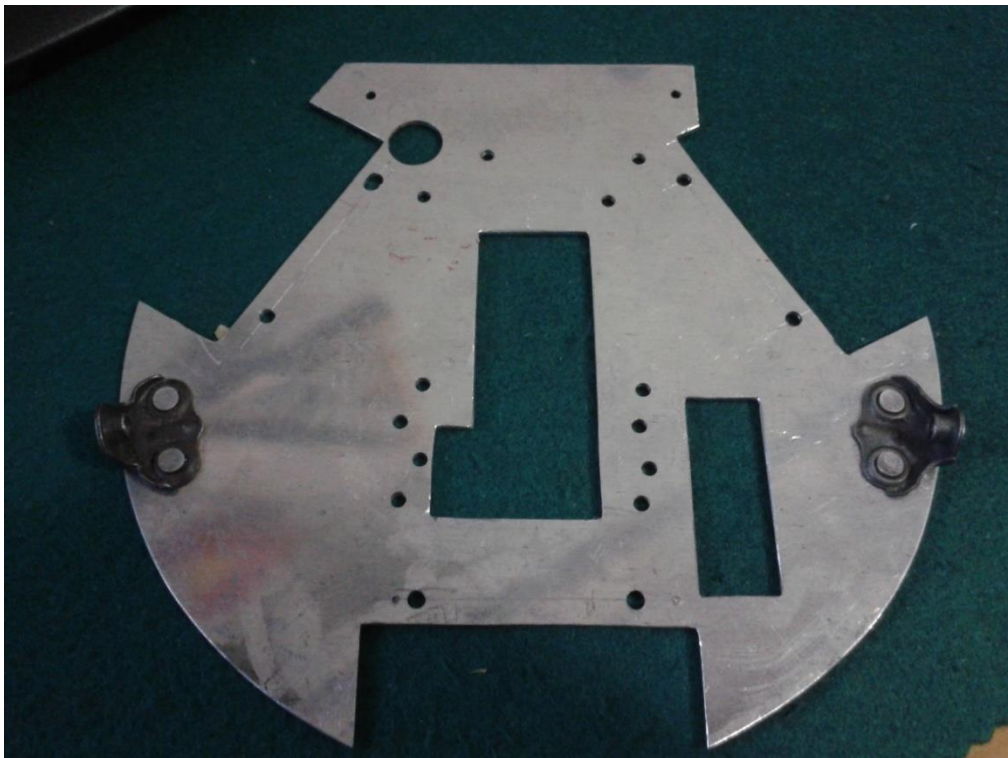
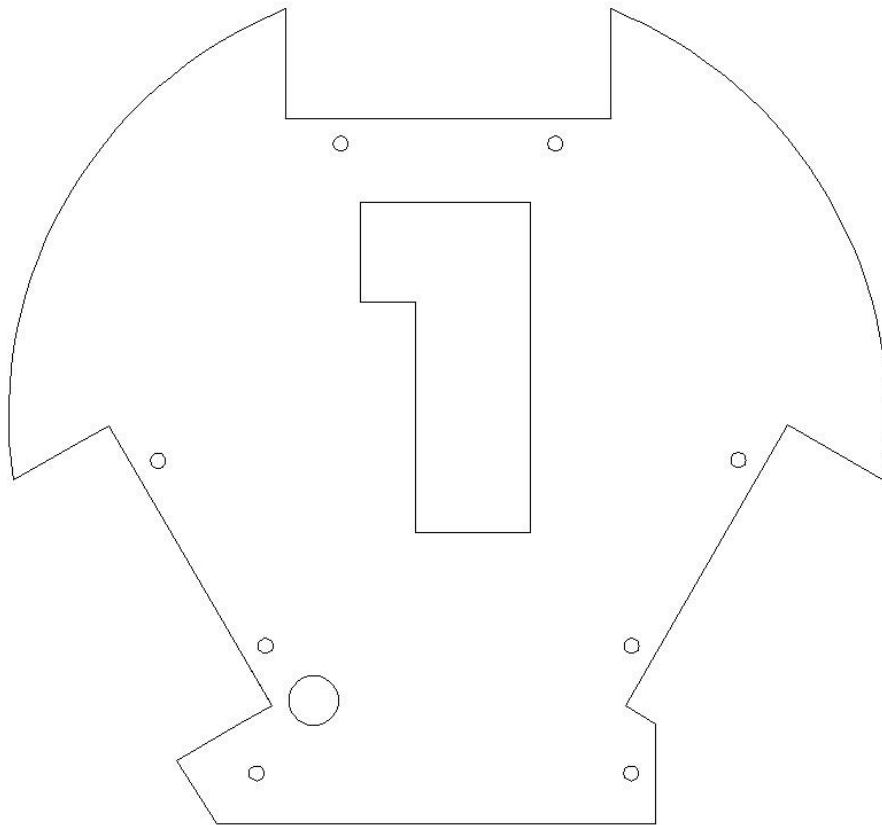
En la base de la estructura solo es necesario un ligero cambio, como las ruedas VEX son más anchas es necesario recortar la estructura la distancia necesaria para solventar esos mm de más que tienen las ruedas con respecto a las anteriores. Los huecos donde antes iban las ruedas se recortaron 7 mm cada hueco para que las ruedas puedan entrar y cumplir la normativa 18 mm de diámetro.

En esta imagen mostramos la base vieja con las modificaciones necesarias.



**Ilustración 4.15.- Base de la estructura antigua.**

Una vez realizados estos recortes la estructura queda de la siguiente manera.



**Ilustración 4.16.- Base de la estructura del prototipo 2013/2014**

Además de esta modificación también hay que modificar las carcasas de fibra de carbono, puesto que el hueco que tiene esta carcasa para las ruedas está hecho para las ruedas de 50mm de diámetro mientras estas ruedas tienen casi 70mm de diámetro.

Por lo que se recortan los huecos para las ruedas en cada una de las carcasas de los robots. Finalmente las carcasas quedan.



**Ilustración 4.17.- Carcasa modificada.**

### **4.5.2.- Modificaciones en el disparador.**

Debido al ancho de las ruedas el disparador debe ser modificado para poder acoplar las nuevas ruedas.

Las modificaciones en el disparador han sido llevadas a cabo en su mayoría en el carrete porque es la pieza que se mueve y por lo tanto la que choca con los motores de las ruedas.

En primer lugar se suprimió uno de los tres agujeros donde van las varillas que guían al carrete, ya que con dos varillas es suficiente para que el carrete no se mueva demasiado y se salga del recorrido. Además de que contra mas varillas lleve el carrete por dentro tendrá mayor rozamiento y más posibilidades de atascarse.

También se ha desplazado el agujero del tornillo sin fin y el agujero de la varilla guía inferior dos milímetros hacia el centro del carrete para conseguir el espacio necesario. De esta manera se consigue recortarle al carrete cinco milímetros por cada lado y pasar de un carrete de 3.5cm de ancho a uno de 2.5cm.

Para terminar con la reducción al carrete se le ha recortado 2mm en la parte superior derecha porque quedaba muy justo y cabe la posibilidad que en medio de un partido debido a las vibraciones y los golpes el carrete acabe rozando o golpeando los motores de las ruedas.



Con estas modificaciones se consigue que el carrete pase entre las ruedas con dos milímetros de separación con cada uno de los motores. Esta distancia debería ser suficiente para evitar cualquier tipo de interacción entre los motores y el disparador.

El resultado de estas modificaciones es el siguiente.



**Ilustración 4.18.- Carrete modificado.**

Además de las modificaciones anteriores al carrete también se ha modificado el tornillo sin fin porque también se ha reducido el espacio en la parte trasera del robot 7mm y se ha de recortar parte del tornillo sin fin esta misma distancia para que entre en la estructura del disparador.

Debido a esta reducción se podría perder potencia de disparo debido a que el carrete tiene menos recorrido. Pero el muelle que usamos sigue siendo más corto que el tornillo sin fin después de la modificación por lo tanto no hace falta buscar un muelle más fuerte.

**Prototipo 2013**

**Prototipo 2013/2014**



**Ilustración 4.19.- Tornillo sin fin modificado.**

Aparte de las modificaciones para acoplar las ruedas VEX también se ha cambiado el prisionero que guiaba el tornillo sin fin.

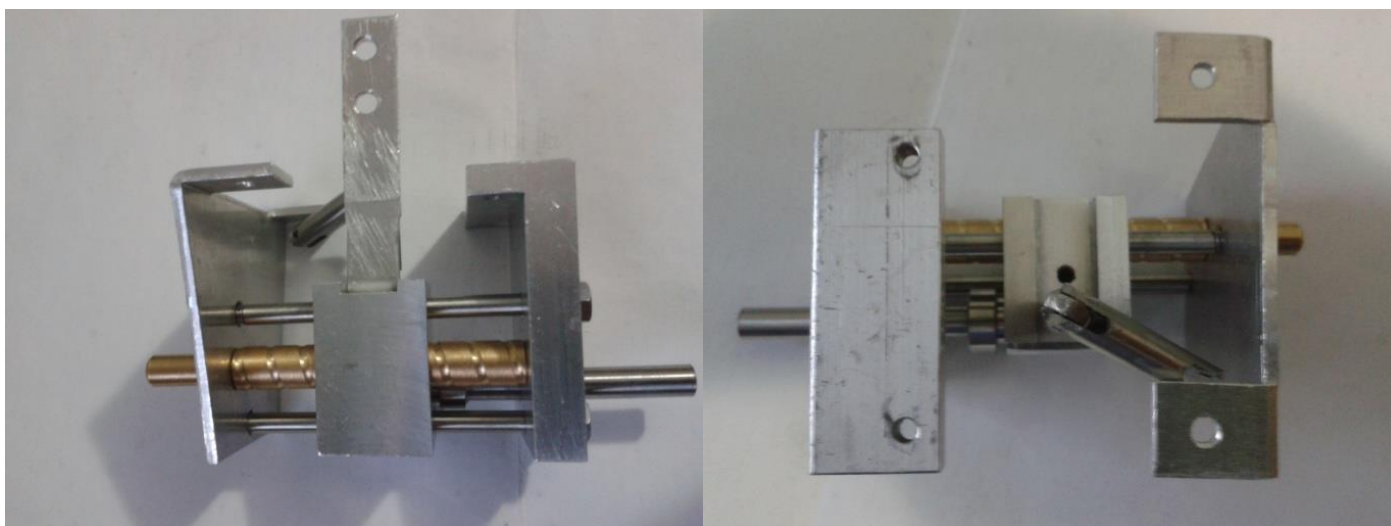
En el prototipo anterior se usaba un prisionero de M5 pero se observó que era un poco gordo y, que a pesar de guiar bien el tornillo, no encajaba perfectamente en la entrada del tornillo sin fin.

Por esto se decidió pasar a un prisionero de M4 que encaja perfectamente.



**Ilustración 4.20.- Prisionero del carrete.**

Con todas estas modificaciones el resultado del disparador es el siguiente.



**Ilustración 4.21.- Disparador modificado**

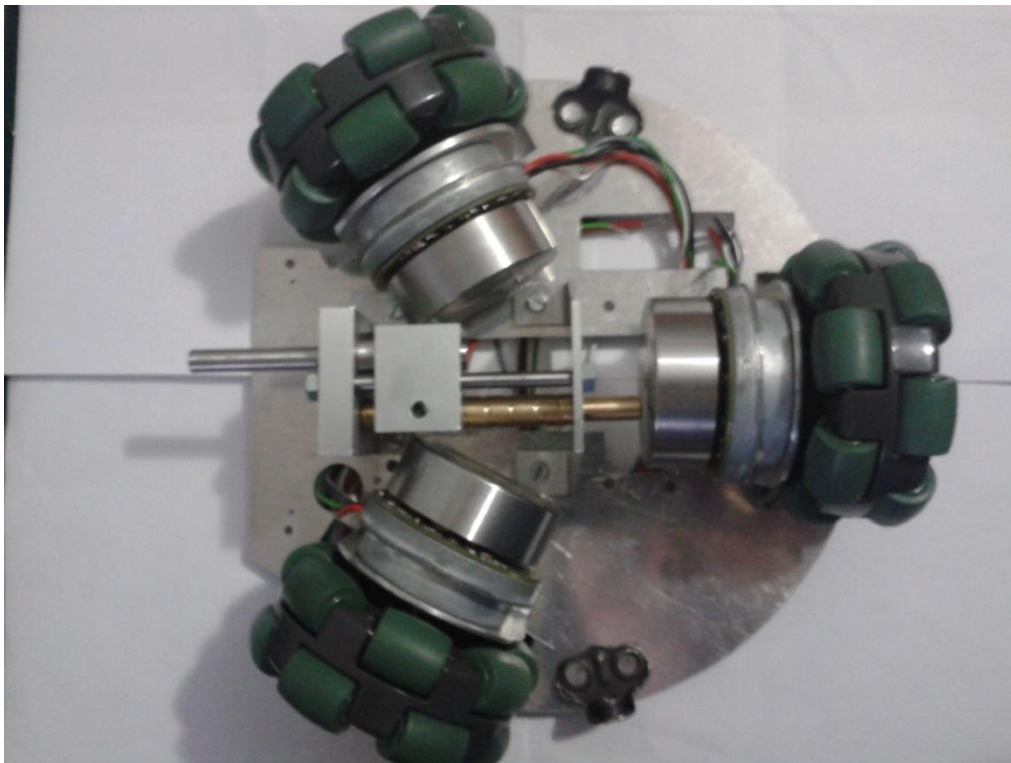
Una vez se tienen las modificaciones en la estructura y en el disparador se puede empezar a acoplar las ruedas a la base de la estructura.

En primer lugar necesitamos crear unas escuadras para sujetar las ruedas, debido a que estas ruedas tienen un diámetro mayor que las anteriores, se fabrican unas escuadras más pequeñas que las fabricadas anteriormente para mantener la base del robot a la misma altura. El material elegido para fabricar las escuadras es aluminio ya que es un material ligero y resistente ideal para los objetivos perseguidos en este proyecto.



**Ilustración 4.22.- Escuadra de las ruedas.**

Se consiguió el objetivo de disminuir el diámetro del robot a 18 cm con las ruedas VEX y el resultado final del robot con estas ruedas y el disparador montado es el siguiente.



**Ilustración 4.23.- Robot con las ruedas VEX**

## **CAPÍTULO 5.- SISTEMA DRIBBLER.**

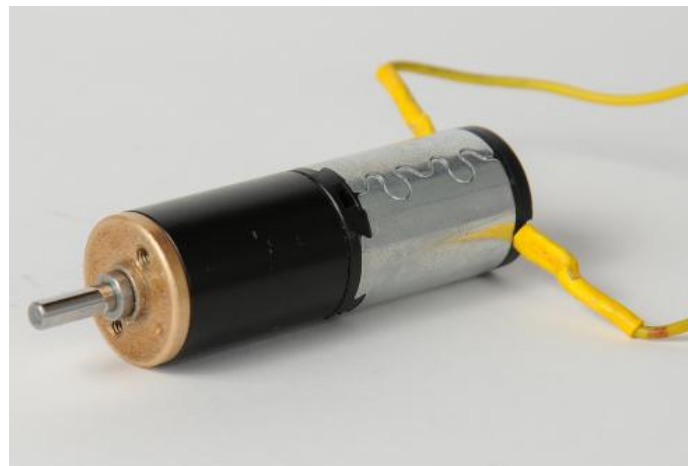
A continuación se explica el sistema dribbler del robot. Este se ha diseñado en base a los prototipos antiguos del robot. Este sistema se compone de un motor DC, un sistema de engranajes y una barra de control de la pelota.

El sistema está pensado para que el motor DC transmita el movimiento a la barra de control de la pelota a través del sistema de engranajes.

### **5.1.- SISTEMA DRIBBLER DEL PROTOTIPO 2010.**

Para el prototipo de 2010 se decidió optar por un diseño con barra horizontal, incluyéndole una pequeña mejora. Esta consistió en hacer una ranura justo en la mitad, en la zona donde la pelota permanecerá controlada y centrada.

Para proporcionar el movimiento necesario a la barra o eje del dribbler se escogió motor del fabricante Maxon de la familia A-max 16 con una reductora incluida, en concreto el modelo A-max 16 de 1.2W ( $15V \cdot 80mA = 1.2W$ ). El motor escogido cumple con el principal requisito, el diámetro del tambor, ya que el espacio para su colocación es bastante reducido.



**Ilustración 5.1.- Motor dribbler 2010.**

Para proporcionar rotación la barra o eje del dribbler con el motor anterior se acopló una rueda dentada de 34 dientes al motor y otra de 12 dientes a la barra con lo que se logró aumentar la velocidad de rotación de 250 rpm al 708 rpm aproximadamente, reduciendo el par en la misma proporción.

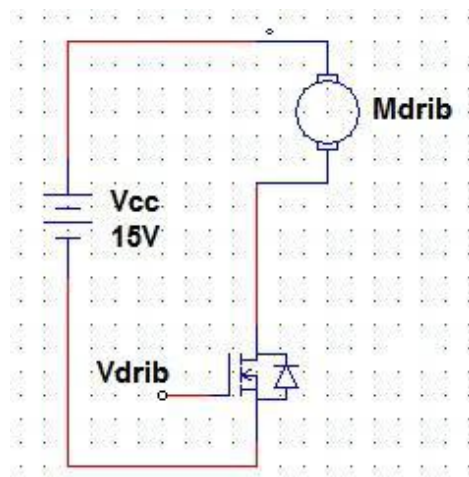
Es importante elegir correctamente el material que debe estar en contacto con la pelota, de forma que ejerza un buen agarre. Con esta finalidad se implementaron unos pequeños amortiguadores con su superficie finalizada en goma. Estos rodillos tienen en sus caras unas chapas metálicas con unos agujeros roscados que le dan consistencia y permiten atravesarlos por una barra roscada a modo de eje.





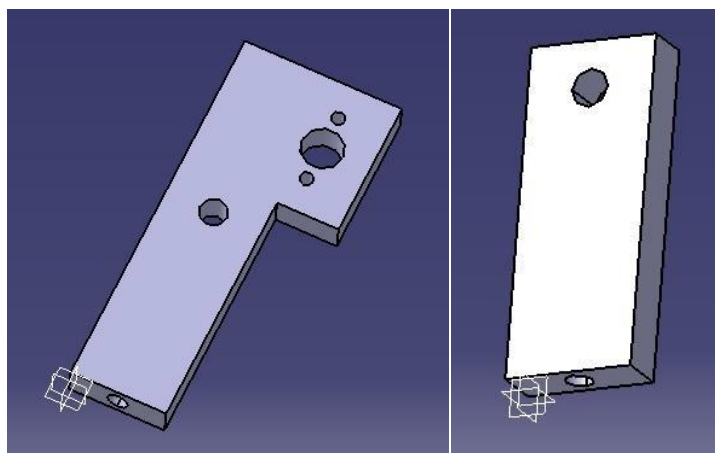
**Ilustración 5.2.- Barra dribbler 2010.**

Además, para no mantener el dribbler en continuo funcionamiento se implementó un interruptor gobernado por el sistema de control, mediante una de las salidas de 3.3V se activa un transistor mosfet en configuración de interruptor.



**Ilustración 5.3.- Circuito de activación del dribbler 2010.**

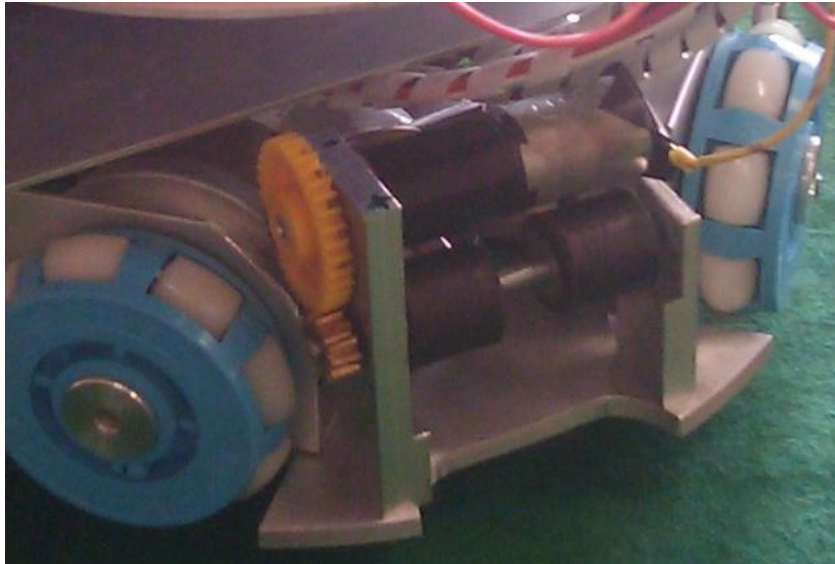
Por otro lado, el mecanismo del dribbler necesita un soporte para fijarlo a la base y mantenerlo en su posición horizontal. Para ello se construyeron dos soportes en aluminio tal y cómo se observa en la siguiente figura.



**Ilustración 5.4.- Soporte para el dribbler del prototipo 2010.**

La pieza de la izquierda sirve para fijar el motor y engranar perfectamente los dos engranajes y con la derecha se alinea la barra del dribbler. Los taladros inferiores son los encargados de fijarlos a la base.

Estas piezas están diseñadas para dejar la barra a una altura de 40 mm, idónea para controlar bien la pelota sin “ocultarla” más de un 20% como exige la normativa.



**Ilustración 5.5.- Dribbler del prototipo 2010.**

### **5.2.- SISTEMA DRIBBLER DEL PROTOTIPO 2011.**

Debido al cambio realizado en el sistema de locomoción del prototipo 2011 se dispone de un mayor espacio destinado al sistema dribbler, por lo que las dimensiones de este se deben adaptar a este espacio así como a las modificaciones en la estructura.

Partiendo del motor-reductora del prototipo 2010 que cumplía con todas las exigencias requeridas se realizó una búsqueda en el mercado para encontrar otro motor con reductora más económico que el anterior. Después de analizar los modelos existentes se ha optado por el modelo 941D41 (12 V – 70mA) del fabricante MFA/Como Drills suministrado por RS. El modelo escogido cumple con el principal requisito de poseer un diámetro de tambor pequeño (16mm) para poder montarlo en el espacio reducido entre la barra del dribbler y la base del robot. Además, cabe mencionar que el motor será alimentado a 5V (750 rpm aproximadamente), lo que hará que el motor gire a las revoluciones por minuto óptimas para el control de la pelota teniendo en cuenta el sistema de transmisión implementado.



**Ilustración 5.6.- Motor MFA/Como Drills 941D41**

El sistema de transmisión del dribbler es el encargado de proporcionar el movimiento del motor a la barra de la manera más eficiente posible. El sistema se compone de un conjunto de ruedas dentadas, que aumentan o reducen la velocidad de giro del motor en función de su relación de transmisión (número de dientes).

En este caso, se seleccionan dos ruedas de plástico, siendo la de mayor tamaño de 30 dientes (acoplada al eje del motor) y la de menor tamaño de 16 dientes acoplada al eje del Dribbler. De esta manera se consigue aumentar la velocidad de giro de la barra a prácticamente el doble disminuyendo el par, consiguiendo las características óptimas para el control de la pelota.



**Ilustración 5.7.- Engranajes de la transmisión.**

Para fijar tanto el motor como la barra del Dribbler al robot en su posición correcta es necesario diseñar y construir dos soportes de fijación. Al cambiar tanto de motor como de barra o eje es necesario construir dos nuevos soportes ya que no es posible reutilizar los contruidos para el prototipo 2010. La siguiente figura muestra los soportes contruidos para el robot de 2011. Estos colocan la pelota a la altura de 41 mm, altura óptima para la conducción de la pelota.



**Ilustración 5.8.- Soportes de fijación del dribbler 2011.**



Cabe destacar que en estos soportes se han incluido 2 cojinetes (uno por soporte) en los que se insertará la barra o eje del dribbler lo que hacen que facilitan el movimiento de rotación de este y evita el desgaste de los soportes por rozamiento.

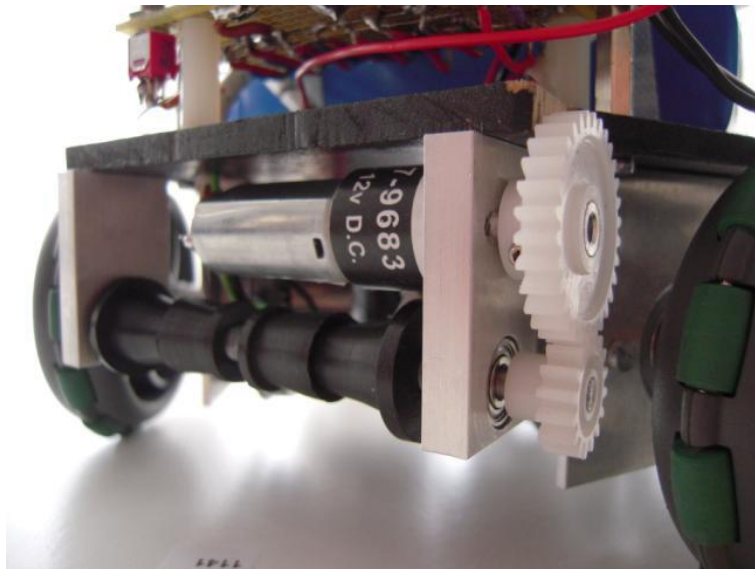
La barra debe ser de un material adecuado que permita un buen control de la pelota mientras que el robot se mueve, y que proporcione la energía suficiente para ganar la pelota frente a un adversario cuando compiten entre sí por la posesión del balón. Además, otro factor de gran influencia en la calidad del control de la pelota es la altura y el punto donde la bola hace contacto con la barra. Por lo tanto, el material seleccionado deberá generar una fricción suficiente sobre la pelota y fácilmente controlado por el motor a la velocidad de par relación.

Por las razones nombradas anteriormente, la barra está formada por un eje interno de acero al que se lo acoplan unos elementos cilíndricos de goma semi-blanda que aumentan la tracción o control sobre la pelota.



**Ilustración 5.9.- Barra del dribbler 2011.**

Finalmente el sistema de dribbling queda de la siguiente manera.



**Ilustración 5.10.- Sistema dribbler del prototipo 2011.**

### **5.3.- SISTEMA DRIBBLER DEL PROTOTIPO 2013/2014.**

Analizando el anterior prototipo se vio un problema en el sistema debido a que si la pelota no se colocaba en el centro de la barra del dribbler, el pistón del disparador no es capaz de impactar en la pelota, esto provocaría un fallo a la hora de realizar el disparo ya que la pelota no va a estar siempre en el mismo punto del disparador.

Otra de las modificaciones es debido a que los soportes del antiguo dribbler son demasiado largos para el nuevo prototipo, lo que provoca que la barra del dribbler no esté a la altura adecuada para la conducción de la pelota.

Estos problemas son debidos a los cambios realizados en la estructura y el sistema de locomoción del prototipo actual, a continuación se explican las soluciones a los distintos problemas y como se han llevado a cabo estas mismas.

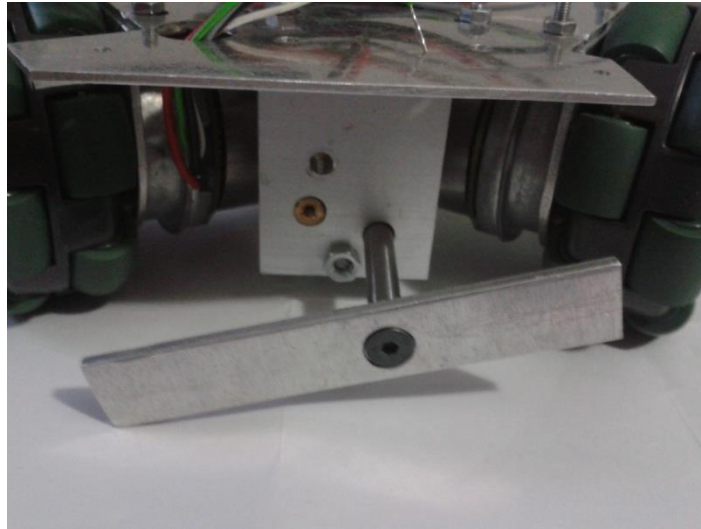
Para el problema del disparo, en el antiguo prototipo del dribbler pensaron en la ranura central para que la pelota quedase centrada y el pistón golpear el centro de la pelota. Pero una vez montado y viendo como el robot conduce el balón, existe la posibilidad de que la pelota no quede centrada en el dribbler debido a algún giro del robot, o simplemente que se quiera realizar un disparo rápido y no de tiempo a la pelota a colocarse en el centro del dribbler.

Para esto se ha realizado un taladro roscado en el pistón del disparador y se le ha colocado una placa plana de aluminio que cubre toda la superficie de conducción de la pelota que tiene el dribbler. De esta manera, a la hora de realizar el disparo, dará igual que la pelota no esté centrada.



**Ilustración 5.11.- Pistón del disparador.**

Esta modificación planteo otro problema añadido, debido a que el pistón del disparador puede girar sobre sí mismo. Por lo tanto cuando colocamos la placa de aluminio en el pistón y este gira la placa choca con la barra del dribbler e incluso puede llegar a chocar en la base de la estructura o en el suelo como se muestra en la siguiente imagen.



**Ilustración 5.12.- Pistón girado.**

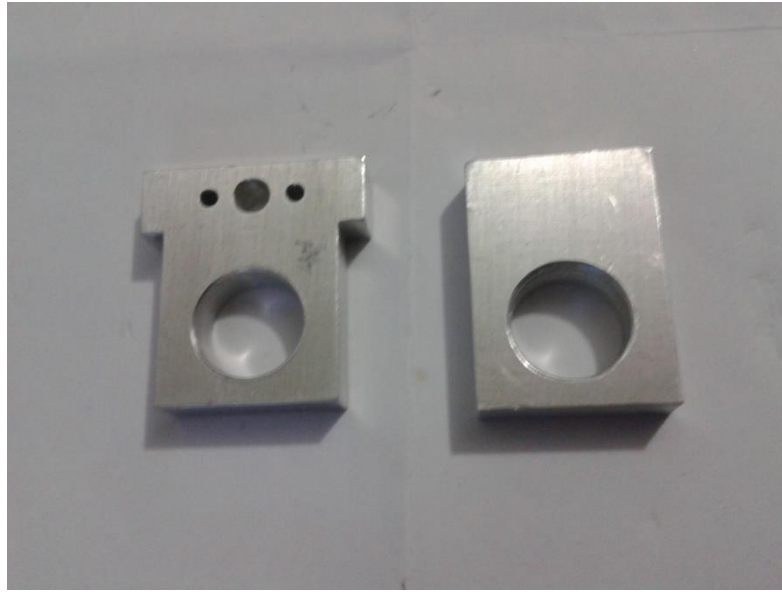
Para solventar este problema se creó un prisionero en la escuadra delantera del disparador y se rebajo uno de los laterales del pistón 0.5 milímetros para que así el pistón no gire sobre sí mismo y no tener este problema. De esta manera conseguimos el objetivo de que la pelota no necesite estar centrada para realizar el disparo. En la siguiente imagen se muestra el conjunto de escuadra y pistón con la solución implementada.



**Ilustración 5.13.- Conjunto del disparador.**

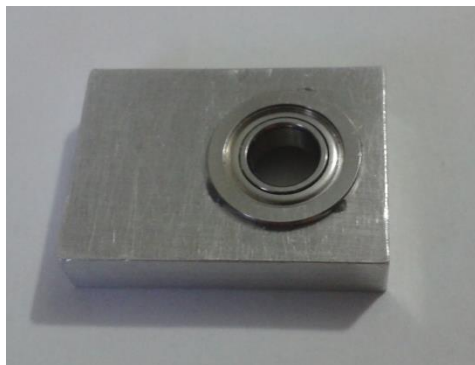
El problema de los soportes del dribbler viene dado por el cambio en la base de la estructura y el cambio en las ruedas. Debido a estos cambios las medidas de los soportes del prototipo anterior no son óptimas para la conducción de la pelota puesto que la barra del dribbler queda demasiado abajo y no ejerce la presión necesaria.

Para solucionar este problema se han diseñado unos soportes nuevos de aluminio más cortos que colocan el centro de la barra del dribbler a la altura necesaria de 41 milímetros, esta altura nos permite que la pelota no entre dentro del robot más del 20% establecido en la normativa de la competición y nos proporciona un agarre mejor de la pelota.



**Ilustración 5.14.- Soportes del dribbler.**

A continuación se han usado unos rodamientos de bola, como en el anterior prototipo, para que la barra del dribbler gire sin rozamiento. Estos rodamientos van pegados a los soportes del dribbler con un bicomponente para metales.



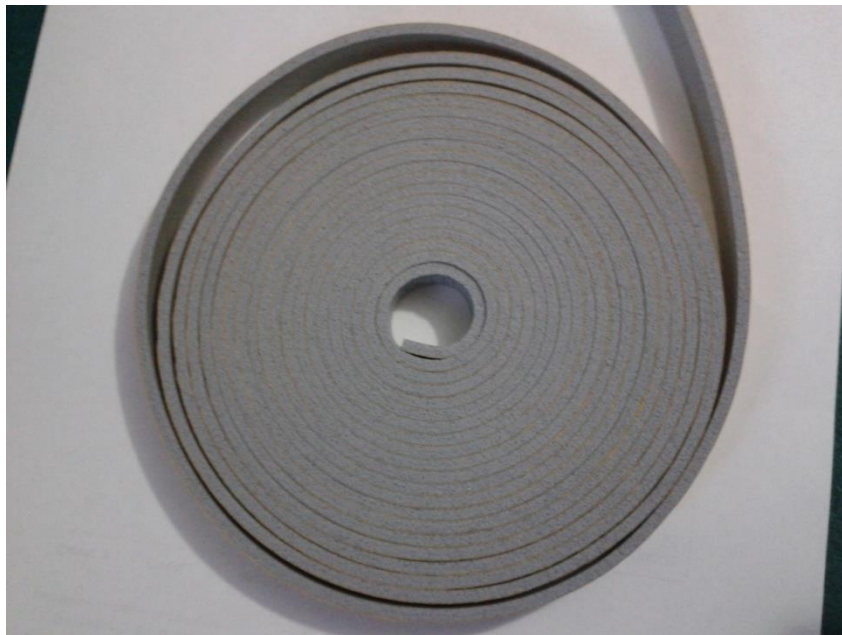
**Ilustración 5.15.- Rodamientos dribbler.**

La transmisión del movimiento de la barra del dribbler se realizara con dos engranajes dentados uno de ellos de 20 dientes y el otro de 40 dientes, con esta transmisión se consigue aumentar la velocidad de rotación de la barra del dribbler al doble y así conseguir un gran control de la pelota.



**Ilustración 5.16.- Transmisión del dribbler.**

Para el agarre de la pelota se ha decidido usar una varilla cilíndrica engomada y plana ya que como se posee más superficie de disparo no es necesario que la pelota este centrada en la barra del dribbler. Para ello se ha usado una varilla metálica de 6mm de diámetro y se ha rodeado de una cinta adhesiva con goma espuma para que la barra sea esponjosa y la pelota no rebote al impactar contra ella.



**Ilustración 5.17.- Cinta adhesiva con gomaespuma.**

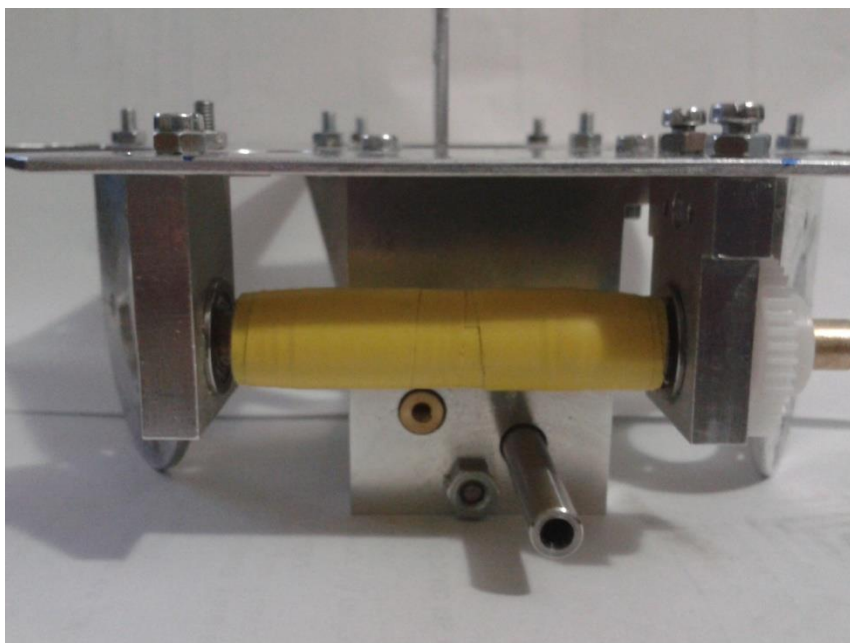


Además una vez rodeada la barra del dribbler con la cinta adhesiva con gomaespuma, esta se ha rodeado con cinta aislante para dar un mejor agarre y forma a la barra del dribbler. La barra del dribbler queda de la siguiente manera.



**Ilustración 5.18.- Barra del dribbler 2013/2014.**

En la siguiente imagen se puede ver cómo queda el dribbler montado sobre una de las bases del robot.



**Ilustración 5.19.- Dribbler del prototipo 2013/2014.**

## **CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES.**

Los objetivos que se plantean en este proyecto son la mejora del sistema de locomoción y del sistema dribbler del robot F180, además de su construcción para observar que todos los sistemas son compatibles entre ellos.

Las mejoras llevadas a cabo en los sistemas mencionados son las siguientes:

### **Sistema de locomoción**

- Se han buscado unas ruedas nuevas para sistema de locomoción debido a que las anteriores estaban descatalogadas..
- Se han construido las piezas rediseñadas con materiales lo suficientemente resistentes para aguantar la competición.
- Se ha modificado el sistema de disparo para poder acoplar las nuevas ruedas sin que el robot tenga un diámetro mayor del establecido por las reglas de la competición.
- Se ha adaptado la base de la estructura y la carcasa de fibra de carbono a las ruedas nuevas.
- Se han eliminado los casquillos en las ruedas reduciendo así el trabajo de montar los casquillos y su consiguiente coste.
- Las piezas del sistema de locomoción han sido rediseñadas para estas ruedas.

### **Sistema dribbler.**

- Se han rediseñado las piezas del sistema dribbler para que cumpla con las normas de la competición y se han usado los materiales adecuados para esta competición.
- Se han modificado los soportes del dribbler así como la base de la estructura para acoplar el nuevo sistema dribbler.
- Los rodamientos van pegados a los soportes del dribbler para así evitar que se salgan durante los partidos.
- La barra del dribbler se ha diseñado con superficie plana puesto que con la nueva adaptación del sistema de disparo no es necesario tener la pelota centrada en el dribbler para realizar el disparo.
- Se han diseñado un sistema de transmisión para mejorar la velocidad de rotación de la barra del dribbler.
- La barra del dribbler ha sido diseñada con un material esponjoso para mejorar el control de la pelota y que esta no rebote al impactar en la barra, y como consecuencia de ello mejorar la conducción de la pelota.

Observando los resultados se comprueba que se han logrado los objetivos propuestos al inicio del proyecto, mejorando así los sistemas con los que hemos trabajado y por consiguiente el robot F180 con el que se va a competir.



### **6.2.- POSIBLES MEJORAS.**

Como todo, ningún sistema es perfecto y las posibles mejoras a realizar en los sistemas elaborados en el proyecto son las siguientes.

#### **Sistema de locomoción.**

- Diseño y construcción de un juego de ruedas omnidireccionales para la competición, eliminando así los posibles problemas que puedan surgir debido al uso de ruedas comerciales.
- Acoplar pegamento o alguna sustancia adhesiva en el eje de los motores para evitar el deslizamiento de las ruedas sobre estos ejes, esta mejora no ha sido llevada a cabo debido a que los robots están todavía en fase de desarrollo y si se quieren desmontar las ruedas no sería posible si se pegasen al eje del motor.

#### **Sistema dribbler.**

- Integración en la estructura del sistema dribbler el dispositivo del sistema de disparo permitiendo de esta manera realizar lanzamientos elevados, aumentando así la competitividad del microrobot en competición debido al aumento de trayectorias disponibles para la pelota.
- Diseño y construcción de diferentes barras del dribbler para cada uno de los microrobots, pudiendo elegir así la barra que más se ajuste a la posición en el campo de cada uno de los microrobots.

Estas mejoras se pueden implementar en proyectos futuros para poder mejorar el nivel de los robots en la competición.

Otro tipo de mejoras que se pueden aplicar son las del ámbito estratégico. Nuestro prototipo está en fase de desarrollo y tiene una gran desventaja en este campo con respecto de otros equipos que ya están compitiendo.

Por esto es importante empezar a competir para poder ver realmente cuales son las capacidades de nuestro robot y en donde hay que mejorar para poder realizar un equipo competitivo.

## CAPÍTULO 7.- PRESUPUESTO.

### 7.1.- COSTE MATERIAL.

#### 7.1.3.- Estructura

Concepto	Precio Unitario	Unidades/robot	Nº Robots	Importe total
Base de la estructura	20.17 €	1	5	100.85 €
Escuadra sistema de locomoción	15.53 €	3	5	232.95 €
Escuadra motor disparador	10 €	1	5	50 €
Escuadras para el disparador	23.30 €	2	5	233 €
Soporte para el dribbler	15.6 €	2	5	156 €
Columnas placas de control	0.6 €	8	5	18 €
Carcasa	35.5 €	1	5	177.5 €
Tornillería	6 €	1	5	30 €
<b>TOTAL</b>				998.3 €

#### 7.1.2.- Sistema de disparo.

Concepto	Precio Unitario	Unidades/robot	Nº Robots	Importe total
Pistón	9.15 €	1	5	45.75 €
Tornillo sin fin	14 €	1	5	70 €
Carrete	15.6 €	1	5	78 €
Sistema de correa y poleas	11.08 €	1	5	55.4 €
Motor DC	20 €	1	5	100 €
Muelle	1.6 €	1	5	8 €
Servomotor	9.52 €	1	5	47.6 €
Varillas Guía del carrete	2.8 €	2	5	28 €
Sistema de gatillo	7.5 €	1	5	37.5 €
<b>TOTAL</b>				470.25 €

7.1.3.- Sistema de locomoción.

Concepto	Precio unitario	Unidades/robot	Nº Robots	Importe total
Rueda Omnidireccional	2.83 €	3	5	45.45 €
Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada	186.45 €	3	5	2769.75 €
<b>TOTAL</b>				2842.15 €

7.1.4.- Sistema dribbler.

Concepto	Precio unitario	Unidades	Nº Robots	Importe total
Motor DC Como drills 941D41 1.5-12 V, caja reductora 4:1 16mm de diámetro	19.3 €	1	5	96.5 €
Transmisión de engranajes	6.8 €	1	5	34 €
Cinta adhesiva con gomaespuma	16.5 €	1	5	82.5 €
Rodamiento	3.5 €	2	5	35 €
IRF 530	1.83 €	1	5	9.15 €
Barra del dribbler	1.2 €	1	5	6 €
<b>TOTAL</b>				263.15 €

7.1.5.- Sistema de control.

Concepto	Precio unitario	Unidades	Nº Robots	Importe total
Tarjeta wifi	119 €	1	5	595 €
<b>TOTAL</b>				595 €

7.1.6.- Placa de alimentación.

Concepto	Precio unitario	Unidades/robot	Nº Robots	Importe total
Convertidor DC-DC Traco Ten101211, 5V 10W	32.95 €	1	5	164.75 €
Interruptor	3.2 €	1	5	16 €
Conectores de 2 tomas	0.3 €	12	5	18 €
Otros (leds y resistencias)	2.5 €	1	5	12.5 €
<b>TOTAL</b>				211.25 €

7.1.7.- Alimentación.

Concepto	Precio unitario	Unidades/robot	Nº Robots	Importe total
Batería 14.8 V 3300mAH 30C	55.99 €	1	5	279.95 €
Cargador/Equilibrador LiPO "Dual power"	75.99 €	1	5	379.95 €
<b>TOTAL</b>				659.9 €

7.1.8.- Cables y conexionado.

Concepto	Precio unitario	Unidades/robot	Nº Robots	Importe total
Cables, clemas y conectores	Varios	Varios	5	75 €
Protector helicoidal para cables	0.55 €/m	10 m	5	27.5 €
<b>TOTAL</b>				102.5 €

Hay que tener en cuenta que la mano de obra del material disminuirá en proporción a la cantidad de robots que se fabriquen, de tal forma que a mayor número de robots, menos costes tendremos por fabricación y cargos por transporte

## 7.2.- COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para Ingenieros Superiores Industriales y la cuantía de las becas para ingenieros. La duración se ha estimado en 9 meses, tiempo que engloba el diseño, la construcción y la redacción del presente proyecto. Los cargos sobre los salarios brutos son de un 6% en concepto de Seguridad Social y un 17% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Retribución mensual	Meses	Importe total
Graduado en Ingeniería Industrial	1800 €	9	16200 €
Ayudante a tiempo parcial	588 €	9	5292 €
<b>TOTAL antes de impuestos</b>			21492 €
<b>TOTAL después de impuestos</b>			<b>26435.16 €</b>

### 7.3.- PRESUPUESTO FINAL

El importe total asciende a:

Concepto	Importe
Coste material	<b>6142.5 €</b>
Coste personal	<b>26435.16 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>32577.66 €</b>

El presupuesto total del proyecto asciende a la cantidad de **treinta y dos mil quinientos setenta y siete euros con sesenta y seis céntimos de euro**.

En este presupuesto se han incluido los sistemas desarrollados en esta memoria y los sistemas de prototipos anteriores no estudiados en esta memoria. Esto se ha hecho para dar una visión global de lo que costaría realizar un equipo de robots preparado para competir en la Small Size Ligue.

## CAPITULO 8.- BIBLIOGRAFÍA.

- [1] ESCRIBANO GARCÍA, Pablo. (2008) *Diseño y construcción de un microrobot (EUROBOT08)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] GARCÍA LOPEZ, Álvaro. (2010). *Desarrollo de un sistema de locomoción de una plataforma hardware para robocupsmall soccer league*. Universidad Carlos III de Madrid.
- [3] LOPEZ MONTES, David. (2010). *Desarrollo del sistema de Control y golpeo de pelota para robocupsmall soccer league*. Universidad Carlos III de Madrid.
- [4] LOZANO ALELÚ, Pablo. (2010) *Diseño e implementación del software para un prototipo de la Robocup Small Soccer League (SSL)*. Universidad Carlos II de Madrid.
- [5] ESCUDERO JIMÉNEZ, Lidia (2012), Sistema de procesamiento, alimentación y estructura de un microrobot. Universidad Carlos III de Madrid.
- [6] David Lopez Montes, Desarrollo del sistema de control y golpeo de pelota para Robocup Small Soccer League (SSL). Universidad Carlos III de Madrid, 2010.
- [7] Jose Luis Martin Gómez, Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot. Universidad Carlos III de Madrid, 2012

### Fuentes electrónicas<sup>2</sup>:

- [8] Robocup: <http://www.robocup.org/>  
<http://www.robocup.org/about-robocup/a-brief-history-of-robocup/>  
<http://www.robocup.org/about-robocup/regulations-rules/>
- [9] AutoCad: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-autocad/overview>
- [10] Movimientos y locomoción: <http://www.muchotrasto.com/TiposDePlataformas.php>
- [11] Movimiento omnidireccional:  
<http://cannes.itam.mx/Alfredo/Espaniol/Cursos/Robotica/Material/ModeloCinematicoOmnidireccional.pdf>
- [12] Plataforma de Killough:  
<http://cannes.itam.mx/Alfredo/Espaniol/Cursos/Robotica/Material/ModeloCinematicoOmnidireccional.pdf>

---

<sup>2</sup> Todos los links a los que se hace referencia están comprobados a Febrero 2014

## **CAPÍTULO 9.- ANEXOS**

### **INDICE**

Anexo 1.- Hoja de características motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada.

Anexo 2.- Hoja de características Rabbit RMC5600W.

Anexo 3.- Hoja de características motor MFA-941D41.

Anexo 4.- Hoja de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211.

Anexo 5.- Hoja de características transmisión del disparador.

Anexo 6.- Hoja de características rodamientos y engranajes del dribbler.

### **PLANOS.**

Anexo 8.- Base de la estructura.

Anexo 9.- Escuadras de las ruedas.

Anexo 10.- Escuadra delantera del disparador.

Anexo 11.- Carrete.

Anexo 12.- Pistón.

Anexo 13.- Tornillo sin fin.

Anexo 14.- Sistema de gatillo.

Anexo 15.- Soporte para el motor del disparador.

Anexo 16.- Soportes del dribbler.

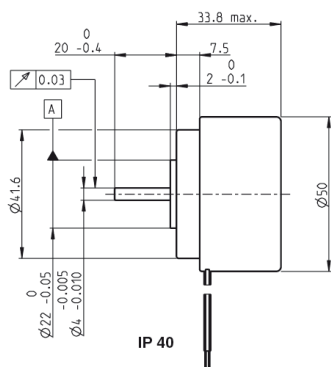


## Anexo 1.- Hoja de características motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada.

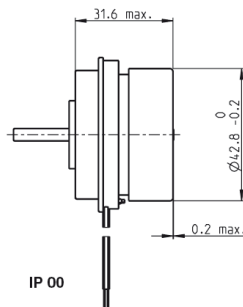
**EC 45 flat** brushless, 30 Watt, with integrated electronics

1-Q-speed controller

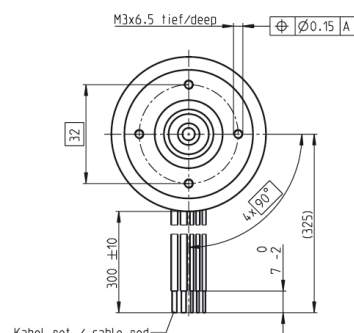
maxon flat motor



IP 40



IP 00



Kabel rot / cable red

M 1:2

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

### Part Numbers

	2 wire version				5 wire version		
	Enable		Direction				
IP 40 (with cover)	353518	353519			350909	370425	370424
IP 00 (without cover)	353516	353517			352886		

### Motor Data (provisional)

Values at nominal voltage									
1	Nominal voltage	V	24	24	24	24	24	24	24
2	No load speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000
3	No load current	mA	79.5	79.5	210	210	210	210	210
4	Nominal speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	72.8	94.7	59.4	89.6	59.4	89.6	89.6
6	Nominal current (max. continuous current)	A	1.33	1.78	2.06	3.1	2.06	2.06	3.1
33	Max. torque	mNm	106	106	104	104	104	104	104
34	Max. current	A	2.02	2.02	3.62	3.62	3.62	3.62	3.62
9	Max. efficiency	%	73	73	76	76	76	76	76
Characteristics									
35	Control variable		Speed	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed
36	Supply voltage +V <sub>cc</sub>	V	10...28	10...28	10...28	10...28	10...28	10...28	10...28
37	Speed set value input	V	= V <sub>cc</sub>	= V <sub>cc</sub>	= V <sub>cc</sub>	= V <sub>cc</sub>	0.33...10.8	0.33...10.8	0.33...10.8
38	Scale speed set value input	rpm/V	125	125	250	250	600	600	600
39	Speed range	rpm	1250...3500	1250...3500	2500...7000	2500...7000	200...6480	200...6480	200...6480
40	Max. acceleration	rpm/s	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000

### Specifications

Thermal data	
17	Thermal resistance housing-ambient 5.6 (3.12) K/W
18	Thermal resistance winding-housing 7.7 (4.5) K/W
19	Thermal time constant winding 37.6 (22) s
20	Thermal time constant motor 633 (353) s
21	Ambient temperature -40...+85°C
22	Max. permissible winding temperature +125°C
41	Max. temperature of electronics +105°C

Mechanical data (preloaded ball bearings)	
16	Rotor inertia 135 gcm <sup>2</sup>
24	Axial play at axial load < 7.0 N 0 mm
	> 7.0 N 0.14 mm
25	Radial play preloaded 6.8 N
26	Max. axial load (dynamic) 95 N
27	Max. force for press fits (static) 1000 N
28	Max. radial loading, 7.5 mm from flange 51 N

Other specifications	
31	Weight of motor 226 g
32	Direction of rotation Clockwise (CW)

Values listed in the table are nominal.

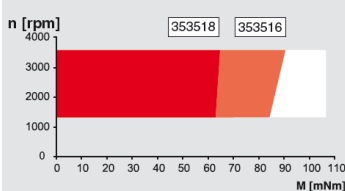
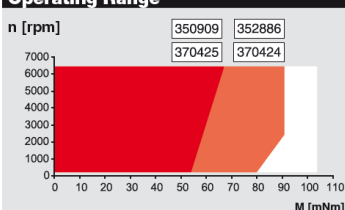
### Protective functions

Overload protection, blockage protection, inverse-polarity protection, thermal overload protection, low/high voltage cut-off

**Connection 2 wire version** (Cable AWG 18/24)  
red +V<sub>cc</sub> 10...28 VDC  
black GND

**Connection 5 wire version** (Cable AWG 18/24)  
red +V<sub>cc</sub> 10...28 VDC  
black GND  
white Speed set value input  
green Monitor n (6 pulses per revolution)  
grey Disable (Type Enable) or sense of direction (Type Direction)

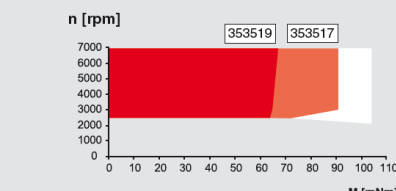
### Operating Range



### Comments

**Continuous operation**  
The drive can be operated with a speed controller and, taking account of the given thermal resistance (fig. 17 and 18) at an ambient temperature of 25°C, does not exceed the maximum permissible operating temperatures.

**Overload range**  
The drive reaches these operating points. Speed may vary from the set value. The overload protection shuts down the drive in the event of sustained overload.



### maxon Modular System

Overview on page 20 - 25

#### Planetary Gearhead

Ø42 mm

3 - 15 Nm

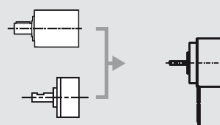
Page 271

#### Spur Gearhead

Ø45 mm

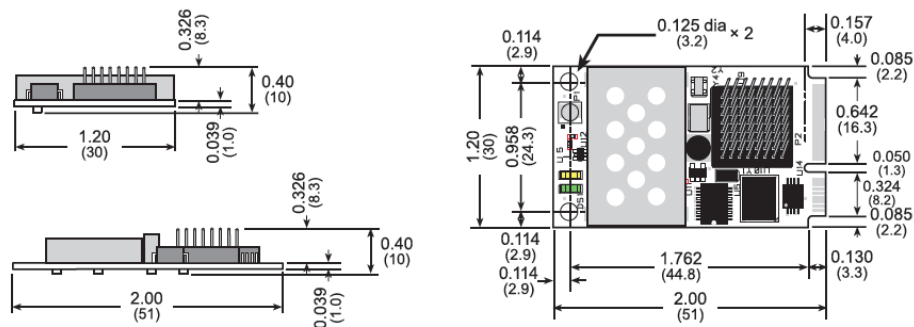
0.5 - 2.0 Nm

Page 272



## Anexo 2.- Hoja de características Rabbit RMC5600W

MiniCore™ RCM5600W Specifications			
Feature	RCM5600W		RCM5650W
Microprocessor	Rabbit® 5000 at 74 MHz		
EMI Reduction	Spectrum spreader for reduced EMI (radiated emissions)		
Serial Flash Memory (program)	1 MB	4 MB	
SRAM	1 MB		
Backup Battery	Connection for user-supplied backup battery (to support RTC)		
General-Purpose I/O	Up to 32 parallel digital I/O lines configurable with four layers of alternate functions		
Additional Inputs	Reset in		
Additional Outputs	Status, reset out		
External I/O Bus	Can be configured for 8 data lines and 8 address lines (shared with parallel I/O lines), plus I/O read/write		
Serial Ports	6 high-speed, CMOS-compatible ports: <ul style="list-style-type: none"><li>• All 6 configurable as asynchronous (with IrDA), 4 as clocked serial (SPI), and 2 as SDLC/HDL</li><li>• 1 clocked serial port shared with programming port</li></ul>		
Serial Rate	Maximum asynchronous baud rate = CLK/8		
Slave Interface	Slave port allows the RCM5600W to be used as an intelligent peripheral device slaved to a master processor		
Real-Time Clock	Yes		
Timers	Ten 8-bit timers (6 cascable from the first), one 10-bit timer with 2 match registers, and one 16-bit timer with 4 outputs and 8 set/reset registers		
Watchdog/Supervisor	Yes		
Pulse-Width Modulators	4 channels synchronized PWM with 10-bit counter or 4 channels variable-phase or synchronized PWM with 16-bit counter		
Input Capture	2-channel input capture can be used to time input signals from various port pins		
Quadrature Decoder	2-channel quadrature decoder accepts inputs from external incremental encoder modules		
Power	3.15V DC (min.) - 3.45V DC (max.) 625 mA @ 3.3 V while transmitting/receiving 85 mA @ 3.3 V while not transmitting/receiving		
Operating Temperature	–30° C to +55° C		
Humidity	5% to 95%, non-condensing		
Connectors	Edge connectors for interface with 52-pin mini PCI Express socket		
Board Size	1.20" × 2.00" × 0.40" (30 mm × 51 mm × 10 mm)		
Wi-Fi Specifications			
	Region	802.11b	802.11g
Typical Average Antenna Output Power	Americas, Japan	19 dBm	15 dBm
	Other Regions	18 dBm	
Compliance	802.11b/g, 2.4 GHz		
MiniCore RCM5600W, RCM5650W Pricing			
Price (Qty. 1/100)	\$69 / \$65		\$75 / \$71
Part Number	20-101-1265		20-101-1309
Development Kit	Standard Development Kit		Deluxe Development Kit
Part Number	\$149 101-1284		\$249 101-1285



Rabbit® 2900 Spafford Street Davis, CA 95618 USA Tel 1.888.411.7228 Tel 530.757.8400 Fax 530.757.8402

Copyright© 2009-2010, Rabbit. All rights reserved. Rabbit is a Digi International brand. Rabbit, RabbitCore, Dynamic C and MiniCore are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners.

91001508  
B2/110

## Anexo 3.- Hoja de características motor MFA-941D41.

**MFA/COMODRILLS**

### 941D SERIES 16mm PLANETRY (EPICYCLIC) SUB MINIATURE METAL GEARBOX



**IMPORTANT NOTICE**  
Due to the wide range of applications for this product it is the users responsibility to establish the products suitability for their individual purpose(s).

RATIOS NOW AVAILABLE AS EX-STOCK ITEMS.

941D41	(1.5v - 12v)	RATIO 4:1
941D621	(1.5v - 12v)	RATIO 62:1
941D1041	(1.5v - 12v)	RATIO 104:1
941D2311	(1.5v - 12v)	RATIO 231:1
941D5611	(1.5v - 12v)	RATIO 561:1
941D10141	(1.5v - 12v)	RATIO 1014:1

Designed for heavy-duty industrial and model applications this robust unit boasts a powerful high quality motor with sintered bronze bearings. The metal gearbox incorporates sleeved bearings, enabling the high torque transfer from the motor to be transmitted through the gearbox.

#### MOTOR DATA.

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		MAX EFFICIENCY					STALL TORQUE	
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT	EFF	g - cm
			R.P.M.	mA	R.P.M.	mA	oz - in	g - cm	W	%	
(941D)	1.5 - 12.0	12.0v CONSTANT	8000	19	5881	70		6.1	0.5	63.26	26

#### REDUCTION TABLE. R.P.M. (NO LOAD)

SUPPLY VOLTAGE		3.0v	6.0v	9.0v	12.0v
941D41		350	800	1300	1800
941D621		18	50	82	119
941D1041		12.5	30	50	70
941D2311		5	14	23	32
941D5611		2.5	6	9.5	13
941D10141		1.25	3.10	5	6.8

WEIGHT	
941D41	35g
941D621	42g
941D1041	43g
941D2311	46g
941D5611	46g
941D10141	49g

NOTE: It is not recommended to run the motor/gearbox combination at 1.5v

Note: Motor speeds may vary by (+) or (-) 12.5%

#### GEARED MOTOR TORQUE RATINGS AT MAX. EFFICIENCY.

	At 12V (g.cm)
4:1	20
62:1	227
104:1	381
231:1	705
561:1	1711
1014:1	2474

**IMPORTANT NOTICE**  
At very low ratios the torque produced by this geared motor combination may exceed the maximum permissible torque of the gearbox. In this situation the unit must not be allowed to stall as this may damage the gears.

24 volt versions are available for this range of motor-gearboxes. Performance data is similar to 12 volt versions. This version also has an extended 10mm rear shaft to accommodate motor encoders. When ordering please use 12v version part number suffixed with 24V. I.E. 941D621 will be 941D62124V

NOTE: To establish Torque Rating in Nm, divide g.cm by 10,197.0

**MFA/COMODRILLS** FELDERLAND LANE. WORTH. DEAL. KENT. CT14 0BT

TEL: 01304 612132.  
E-MAIL: info@mfacomo.com

FAX: 01304 614696  
www.mfacomodrills.com

THE ABOVE FIGURES ARE A GUIDE ONLY AND DO NOT FORM ANY CONTRACTUAL OBLIGATION ON THE PART OF MFA/COMO DRILLS.

## Anexo 4.- Hoja de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211.

**TRACO  
POWER**
**DC/DC Converter**
**TEN 10 Series**
**10 Watt**
**Features**

- Wide 2 : 1 Input Range
- High Power Density
- Operating Temp. Range  
– 40°C to +71°C
- Indefinite Short-Circuit Protection
- I/O-Isolation 1500 VDC
- Input Filter meets EN 55022, Class A  
and FCC, Level A without external  
Components
- Industry Standard Pinout
- Shielded Metal Case with  
insulated Baseplate
- High Reliability, MTBF >1 Mio. h
- 3 Year Product Warranty



The TEN 10 series of DC/DC converters, comprising 24 different models, has been designed for a wide range of applications including communications, industrial systems and battery powered equipments. Full SMD-design with use of ceramic chip capacitors guarantees a high reliability and a long lifetime. Other features of this converters are internal filter to meet EN 55022, class A and FCC, level A and a high efficiency.

Models				
Ordercode	Input voltage range	Output voltage	Output current max.	Efficiency typ.
TEN 10-1210	9 – 18 VDC	3,3 VDC	2'400 mA	72 %
TEN 10-1211		5 VDC	2'000 mA	77 %
TEN 10-1212		12 VDC	830 mA	80 %
TEN 10-1213		15 VDC	670 mA	80 %
TEN 10-1215		24 VDC	415 mA	81 %
TEN 10-1221		± 5 VDC	± 1'000 mA	78 %
TEN 10-1222		± 12 VDC	± 415 mA	81 %
TEN 10-1223		± 15 VDC	± 330 mA	80 %
TEN 10-2410	18 – 36 VDC	3,3 VDC	2'400 mA	76 %
TEN 10-2411		5 VDC	2'000 mA	78 %
TEN 10-2412		12 VDC	830 mA	82 %
TEN 10-2413		15 VDC	670 mA	82 %
TEN 10-2415		24 VDC	415 mA	83 %
TEN 10-2421		± 5 VDC	± 1'000 mA	80 %
TEN 10-2422		± 12 VDC	± 415 mA	82 %
TEN 10-2423		± 15 VDC	± 330 mA	82 %
TEN 10-4810	36 – 75 VDC	3,3 VDC	2'400 mA	76 %
TEN 10-4811		5 VDC	2'000 mA	80 %
TEN 10-4812		12 VDC	830 mA	82 %
TEN 10-4813		15 VDC	670 mA	83 %
TEN 10-4815		24 VDC	415 mA	83 %
TEN 10-4821		± 5 VDC	± 1'000 mA	81 %
TEN 10-4822		± 12 VDC	± 415 mA	83 %
TEN 10-4823		± 15 VDC	± 330 mA	83 %

### Input Specifications

Input current (no load)	12 Vin models	30 mA typ.
	24 Vin models	20 mA typ.
	48 Vin models	10 mA typ.
Input current (full load)	12 Vin; 3.3 Vout models:	915 mA typ.
	12 Vin; 5 & $\pm 5$ Vout models:	1080 mA typ.
	12 Vin; other output models:	1045 mA typ.
	24 Vin; 3.3 Vout models:	435 mA typ.
	24 Vin; 5 & $\pm 5$ Vout models:	530 mA typ.
	24 Vin; other output models:	510 mA typ.
	48 Vin; 3.3 Vout models:	215 mA typ.
	48 Vin; 5 & $\pm 5$ Vout models:	260 mA typ.
Start-up voltage / under voltage shut down	12 Vin models	8.5 VDC / 8 VDC
	24 Vin models	16.5 VDC / 16 VDC
	48 Vin models	32.5 VDC / 32 VDC
Surge voltage (1 sec. max.)	12 Vin models	25 V max.
	24 Vin models	50 V max.
	48 Vin models	100 V max.
Reverse voltage protection		1.0 A max.
Conducted noise (Input)		EN 55022 level A, FCC part 15, level A

### Output Specifications

Voltage set accuracy		$\pm 1\%$
Regulation	– Input variation Vin min. to Vin max.	$\pm 0.3\%$ max.
	– Load variation 10 – 90 %	
	– single output models	$\pm 0.5\%$ max.
	– dual output models balanced load	$\pm 1\%$ max.
	– dual output models unbalanced load	$\pm 3\%$ max.
Ripple and noise (20 MHz Bandwidth)		50 mVpk-pk max.
Temperature coefficient		$\pm 0.02\%$ / K
Output current limitation		>110% of Iout max., constant current
Short circuit protection		indefinite (automatic recovery)
Capacitive load	– single output models	2200 $\mu$ F max.
	– dual output models	470 $\mu$ F max.

### General Specifications

Temperature ranges	– Operating	– 40 °C ... + 71 °C (no derating)
	– Case temperature	+ 95 °C max.
	– Storage	– 40 °C ... + 125 °C
Humidity (non condensing)		95 % rel H max.
Reliability, calculated MTBF (MIL-HDBK-217 E)		>1 Mio. h @ + 25 °C
Isolation voltage	Input/Output	1'500 VDC
Isolation capacity	Input/Output	120 pF typ
Isolation resistance	Input/Output (500 VDC)	> 1'000 M Ohm

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

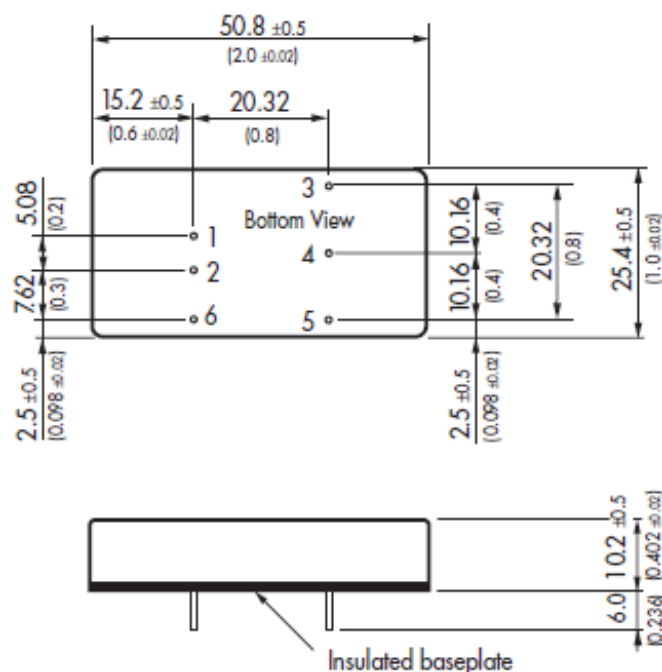


**TRACO  
POWER**
**DC/DC Converter**
**TEN 10 Series 10 Watt**
**General Specifications**

Switching frequency (fixed)	300 kHz typ. (Pulse width modulation PWM)
Safety standards	UL 1950, EN 60950, IEC 60950 Compliance up to 60 VDC input voltage (SELV limit)
Safety approvals	UL /cUL File E188913

**Physical Specifications**

Case material	Steel chrome-nickel plated
Baseplate	Epoxy
Potting material	Silicon rubber TES (UL 94V-0 rated)
Weight	30 g (1.2 oz)
Soldering temperature	max. 250 °C / 10 sec.

**Outline Dimensions mm (inches)**


Pin-Out		
Pin	Single	Dual
1	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)
2	-Vin (GND)	-Vin (GND)
3	+Vout	+Vout
4	No pin	Common
5	-Vout	-Vout
6	Case ground (option)	Case ground (option)

Pin diameter  $\varnothing 1.0 \pm 0.05$  (0.039  $\pm 0.002$ )

Specifications can be changed without notice

**TRACO  
ELECTRONIC AG**

Jenatschstrasse 1 • CH-8002 Zurich • Switzerland  
Tel. +41-43 311 45 11 • Fax +41-43 311 45 45 • info@traco.ch • www.tracopower.com

Rev. 01/04.1

Page 3

## Anexo 5.- Hoja de características transmisión del disparador.

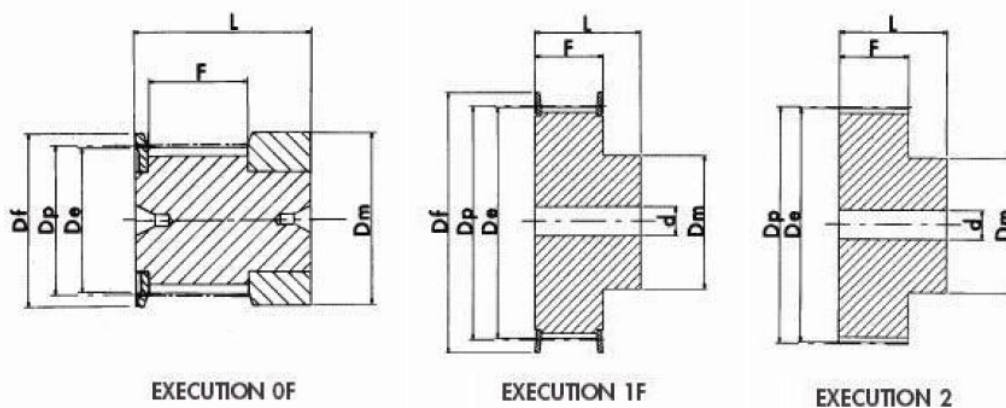


### Synchroflex® Timing Pulleys T2.5

for 6mm wide belt

Centre drilled or Pilot Bore

in Aluminium with Zinc plated Steel Flanges



### Dimensions

Pulleys may be Bored or Unbored.

If a dimension is critical to your application please contact our sales department for confirmation.  
for special pulleys or reworked pulleys please contact our manufacturing department

Code	Type	No. Teeth	Dp	De	Df	Dm	F	L	Pilot Bore	No. Flanges
16T2.5/10-2	0F	10	8.05	7.45	13	13	9	16	-	2
16T2.5/12-2	0F	12	9.60	9.00	13	13	9	16	-	2
16T2.5/14-2	0F	14	11.20	10.60	15	15	9	16	-	2
16T2.5/15-2	0F	15	12.00	11.40	15	15	9	16	-	2
16T2.5/16-2	0F	16	12.80	12.20	16	16	9	16	-	2
16T2.5/18-2	1F	18	14.40	13.80	17.5	10	10	16	-	2
16T2.5/19-2	1F	19	15.20	14.60	20	10	10	16	-	2
16T2.5/20-2	1F	20	16.00	15.40	20	11	10	16	-	2
16T2.5/22-2	1F	22	17.60	17.00	22	11	10	16	-	2
16T2.5/24-2	1F	24	19.15	18.55	22	12	10	16	4	2
16T2.5/25-2	1F	25	19.95	19.35	25	13	10	16	4	2
16T2.5/26-2	1F	26	20.75	20.15	26	14	10	16	4	2
16T2.5/28-2	1F	28	22.35	21.75	26	14	10	16	4	2
16T2.5/30-2	1F	30	23.95	23.35	26	16	10	16	6	2
16T2.5/32-2	1F	32	25.55	24.95	32	16	10	16	6	2
16T2.5/36-2	1F	36	28.75	28.10	36	20	10	16	6	2
16T2.5/40-2	1F	40	31.90	31.30	38	22	10	16	6	2
16T2.5/44-0	2	44	35.10	34.50	-	24	10	16	6	0
16T2.5/48-0	2	48	38.30	37.70	-	26	10	16	6	0
16T2.5/60-0	2	60	47.85	47.25	-	34	10	16	8	0



## CONTI SYNCHROFLEX® – die neue Generation GenIII

endlose Polyurethan-Zahnriemen

### Eine leistungsstarke Basis.

Grundlage für die maßgenauen und hochbelastbaren Polyurethan-Zahnriemen ist die außergewöhnliche Kombination von hochfesten Stahlcord-Zugträgern und abriebfestem Polyurethan. Eine fortschrittliche Technologie, direkt von den Erfindern des Polyurethan-Zahnriemens, die mit ausgezeichneten Produkteigenschaften überzeugt.

### Jede Generation ist anders. GenIII ist besser!

Die intensive Entwicklungsarbeit an den SYNCHROFLEX®-Zahnriemen der AT und ATP-Reihe mit Blick auf die Leistungsantriebe hat sich bezahlt gemacht. Denn mit der neuen Generation konnte gegenüber dem AT/ATP-Standard die Leistungsübertragung um bis zu 25% gesteigert werden. Ein weiteres wirtschaftliches Plus: Alle SYNCHROFLEX®-Zahnriemen GenIII eignen sich für den Einsatz mit Standard AT/ATP Synchronscheiben.

## the new GenIII Generation

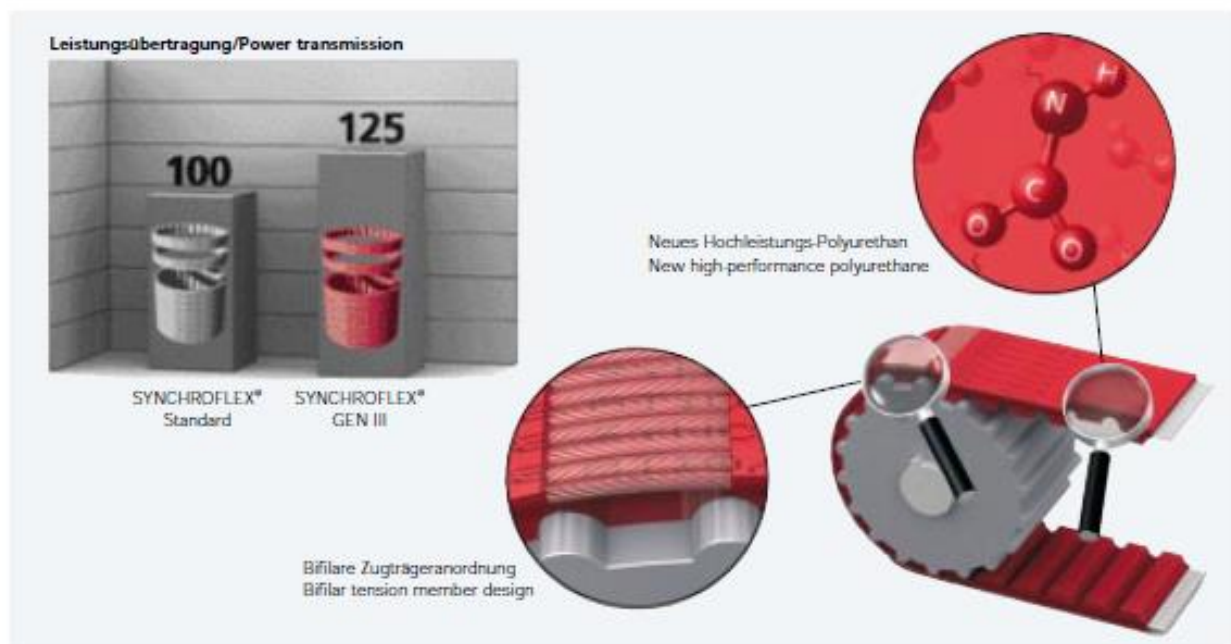
endless polyurethane timing belts

### High-performance base.

The basis for these accurately sized and extremely tough polyurethane timing belts is the unusual combination of high-tensile steel cord tension members and hard-wearing polyurethane. Advanced technology, direct from the inventors of the polyurethane timing belt which stands out because of its excellent product properties.

### Every generation is different. GenIII is better!

The intensive R&D which went into the SYNCHROFLEX® AT and ATP series with regard to high-performance drives paid off: the new generation has increased power transmission by up to 25% compared with the AT/ATP standard. A further cost saving: all SYNCHROFLEX® GenIII timing belts are suitable for use with standard AT/ATP synchronous pulleys.



### Die Vorteile auf einen Blick – die Zugträger.

- durch engere Drahtpackung  $F_{ad}$  bis maximal +45%
- optimierter Geradeauslauf durch bifilare Zugträgerkonstruktion
- reduzierte Reibung an der Bordscheibe
- minimiertes Laufgeräusch bei reduzierter Zahnriemenbreite und gleicher Leistungsfähigkeit

### Die Vorteile auf einen Blick – die Hochleistungs-Mischung.

- Zahnfestigkeit  $F_{zpu}$  +25%
- längere Lebensdauer
- durch Verteilung der Umfangskraft auf bis zu 30% mehr tragende Zähne
- Einsatz bis +100°C  
(für Leistungswerte im Grenzbereich bitte Beratung anfordern)

### Benefits at a glance – tension members.

- Maximum  $F_{ad}$  +45% thanks to closer wound cords
- Optimised belt tracking because of bifilar tension member design
- Reduced friction on side flanges
- Reduced running noise with narrower belt widths for same power

### Benefits at a glance – high-performance compounding.

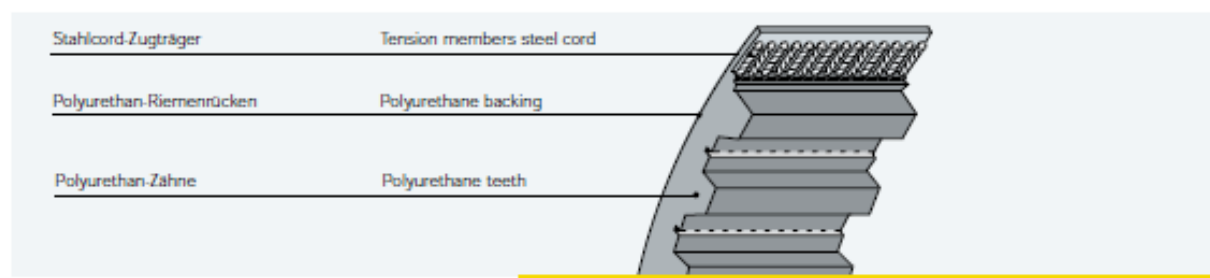
- Tooth load capacity  $F_{zpu}$  +45%
- Extended service life
- Distribution of effective pull to up to 30% more teeth in mesh
- Operating temperature up to +100°C  
(Please contact our engineers for performance details in limit area)

### CONTI SYNCHROFLEX® endlose Polyurethan-Zahnriemen

Der SYNCHROFLEX®-Zahnriemen ist dank seiner hochwertigen Komponenten sehr leistungsfähig. Die exzellente Bindung zwischen den abriebfesten Polyurethan-Zähnen und dem längenkonstanten, verzinkten Stahl-Festigkeitsträger bilden die Basis für das hohe Leistungspotenzial. Das sehr flexible Fertigungsverfahren ist z.B. für die Herstellung von doppelt verzahnten Riemen und Rückenriemen mit hoher Maßhaltigkeit besonders geeignet. Die vielfältigen Mischungsvarianten ermöglichen auch Einsätze bei tiefen Temperaturen, im Reinraumklima sowie im Lebensmittelbereich.

#### Einsatzgebiete:

Conti SYNCHROFLEX®-Zahnriemen können in allen Bereichen der Technik eingesetzt werden. Vom Miniatur-Antrieb, der die hochgenaue Positionierung von Bauteilen in der Leiterplattenbestückung übernimmt, bis hin zum Hochleistungsantrieb in Bau- und Holzbearbeitungsmaschinen – hier ist der CONTI SYNCHROFLEX® zu Hause.



#### Serienmäßige Eigenschaften:

- Öl- und Fettbeständigkeit
  - Benzin- und Benzolbeständigkeit
  - Hydrolysebeständigkeit
  - UV- und Ozonbeständigkeit
  - temperaturbeständig von -30°C bis +80°C.
- Bitte fordern Sie im Bereich unter -10°C und über +50°C technische Beratung an.

#### Varianten:

Der Conti Synchroflex®-Zahnriemen ist als Trapezprofil und als Sonderprofil lieferbar.

Profil	CONTI SYNCHROFLEX® Längenbereich L <sub>w</sub> * in mm	Profil	CONTI SYNCHROFLEX® Längenbereich L <sub>w</sub> * in mm
MXL	111,76 – 1178,56	AT3	150 – 1011
XL	177,80 – 1584,96	AT5	225 – 3350
L	438,15 – 1390,65	AT10	500 – 1940
		AT20	1000 – 1960
T2	90 – 710	ATP10	630 – 1800
T2,5	55 – 1475	ATP15	1185 – 1560
T5	100 – 1500		
T10	260 – 4780		
T20	1260 – 3620	K1 K1,5	57 – 1671

\*L<sub>w</sub> = Wirklänge

### CONTI SYNCHROFLEX® Endless polyurethane timing belts

SYNCHROFLEX® timing belts deliver high outputs thanks to their high-grade components. The excellent bond between the hard-wearing polyurethane teeth and the constant-length galvanised steel tension members is the basis on which the high power output potential is built. The very flexible production process is particularly suitable, for example, for manufacturing double-sided belts and rear cams with a high degree of dimensional accuracy. The range of compounds available also enables operation at low temperatures, in clean rooms and in the food industry.

#### Areas of application:

Conti SYNCHROFLEX® timing belts can be used in every sector of industry. From miniature drives handling the high-precision positioning of components for PCB assembly to high-performance drives in construction and woodworking machinery – CONTI SYNCHROFLEX® is equally at home.

#### Properties:

- Resistant to oils and greases
  - Resistant to benzene and benzole
  - Hydrolysis-resistant
  - Resistant to UV radiation and ozone
  - Suitable for temperatures ranging from -30°C to +80°C
- Please contact our engineers if the application involves temperatures below -10°C or above +50°C.

#### Versions:

Conti Synchroflex® timing belts are available in trapezoidal and special profiles.

Tooth profile	CONTI SYNCHROFLEX® outside lengths L <sub>p</sub> * in mm	Tooth profile	CONTI SYNCHROFLEX® outside lengths L <sub>p</sub> * in mm
MXL	111.76 – 1178.56	AT3	150 – 1011
XL	177.80 – 1584.96	AT5	225 – 3350
L	438.15 – 1390.65	AT10	500 – 1940
		AT20	1000 – 1960
T2	90 – 710	ATP10	630 – 1800
T2,5	55 – 1475	ATP15	1185 – 1560
T5	100 – 1500		
T10	260 – 4780		
T20	1260 – 3620	K1 K1.5	57 – 1671

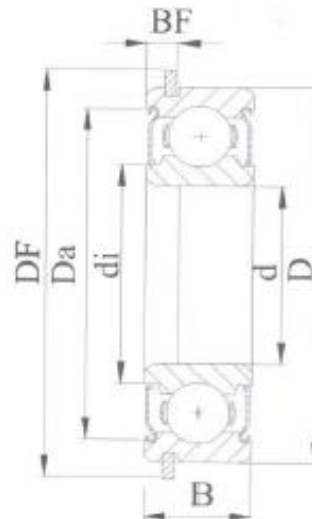
\*L<sub>p</sub> = pitch length

\*Vertrieb innerhalb Europa über die Mulco-Gruppe

\*Distribution within Europe via the Mulco Group

## Anexo 6.- Hoja de características rodamientos y engranajes del dribbler.

### Deep groove single row ball bearings with snap ring



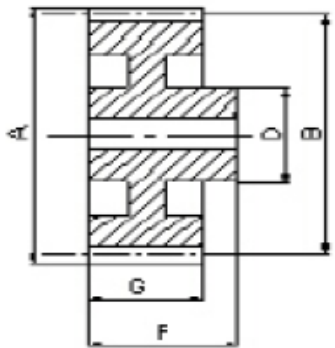
bore Ø d (mm)	outer Ø D (mm)	width B (mm)	JIS/ISO	NMB designation 	DF (mm)	BF (mm)	Da (mm)	dj (mm)	ball Ø (mm)	no. of ball bear.	Dyn. C (N)	Stat. Co (N)
------------------------	-------------------------	--------------------	---------	--	------------	------------	------------	------------	-------------------	----------------------------	------------------	--------------------

6	13	5	686ZZNR	LNR-1360X3ZZ	14,5	1,10	10,48	7,7	1,58750	10	831	363
6	15	5	696ZZNR	RNR-1560ZZ	17,2	1,5	13,20	7,8	2,77812	7	1735	671
6	17	6	606ZZNR	RNR-1760X2ZZ	19,2	1,2	14,70	8,22	3,50000	6	2265	839
6	19	6		607ZZNR	22,1	1,5	16,68	9,20	3,50000	7	2614	1053
7	19	6		626ZZNR	22,1	1,5	16,68	9,20	3,50000	7	2614	1053
8	16	5	688ZZNR	LNR-1680HH	18,2	0,95	14,18	9,68	2,38125	9	1606	712
8	22	7		608ZZNRSD03	24,8	2,95	19,10	10,80	3,96875	7	3297	1368
10	22	6	61900ZZNR	RNR-2210X3HH	24,7	1,75	19,40	13,40	3,17500	9	2697	1273
10	26	8		6000ZZNR	29,2	2,31	22,88	13,75	4,76250	7	4578	1970





## Spur Gears 0.5MOD - 20° p.a. in moulded Delrin® 500 to gear quality AGMA 7

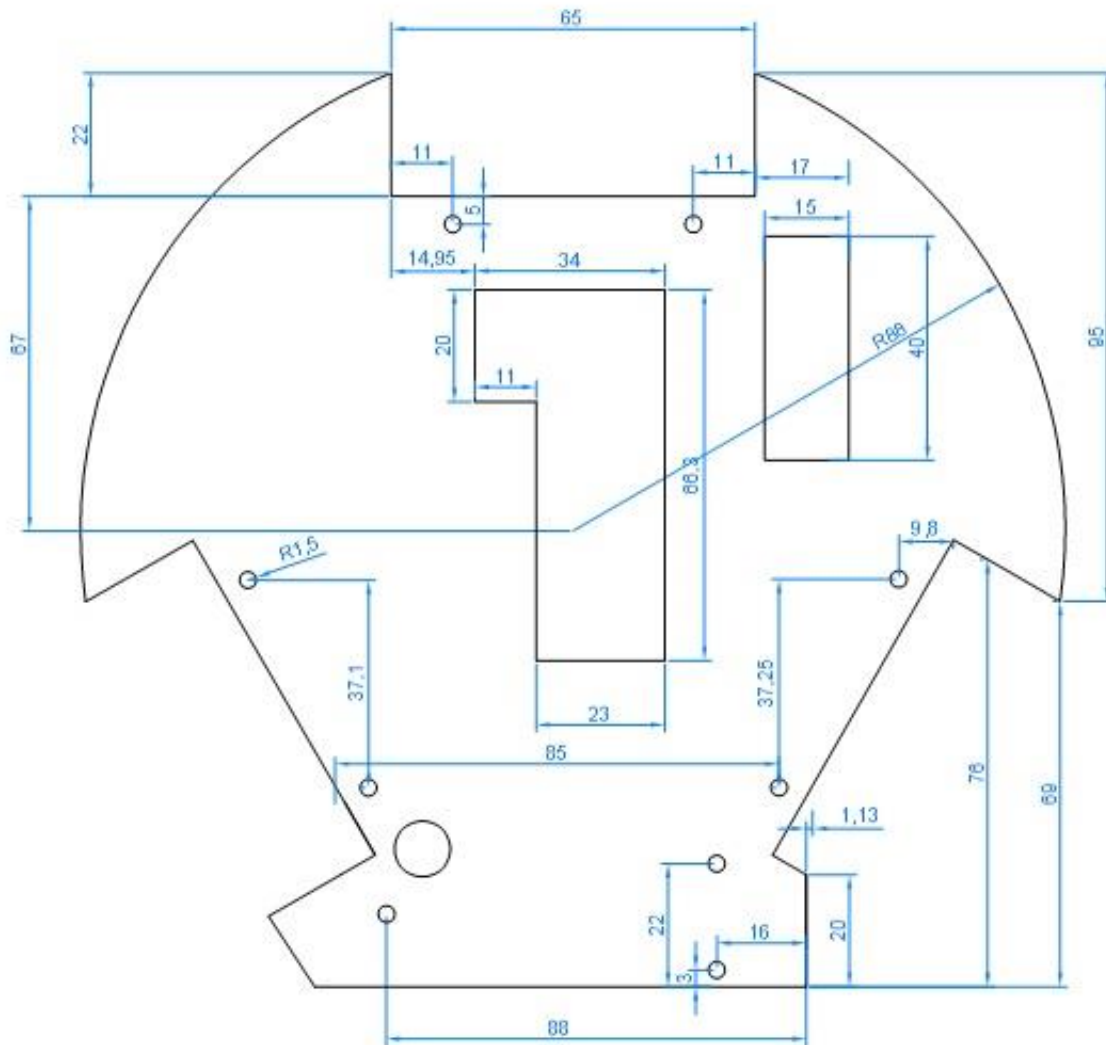
Intermediate sizes & Special gears to drawing (tooling charges may apply)	
All dimensions in mm	
Standard tolerances, unless otherwise stated ±0.25mm. Bore tolerance +0.02 / -0.04	

Code	No. of Teeth	Pitch Ø B	Bore Ø	Hub/Boss Ø D	Outside Ø A	O/A Width F	Face Width G
DS05-12B	12	6	2	4.5	7	7	3
DS05-15B	15	7.5	2	4.5	8.5	7	3
DS05-16B	16	8	3	6	9	7	3
DS05-18B	18	9	3	6	10	7	3
DS05-20B	20	10	4	8	11	7	3
DS05-24B	24	12	4	8	13	7	3
DS05-25B	25	12.5	4	8	13.5	7	3
DS05-28B	28	14	4	8	15	7	3
DS05-30B	30	15	5	10	16	7	3
DS05-32B	32	16	5	10	17	7	3
DS05-35B	35	17.5	5	10	18.5	7	3
DS05-36B	36	18	5	10	19	7	3
DS05-40B	40	20	5	12	21	7	3
DS05-45B	45	22.5	5	12	23.5	7	3
DS05-48B	48	24	5	12	25	7	3
DS05-50B	50	25	5	12	26	7	3
DS05-56B	56	28	6	14	29	8	3
DS05-60B	60	30	6	14	31	8	3
DS05-64B	64	32	6	14	33	8	3
DS05-70B	70	35	6	14	36	8	3
DS05-72B	72	36	6	14	37	8	3
DS05-80B	80	40	6	14	41	8	3

Sintered bronze bushes (see below) are available to be used with these gears

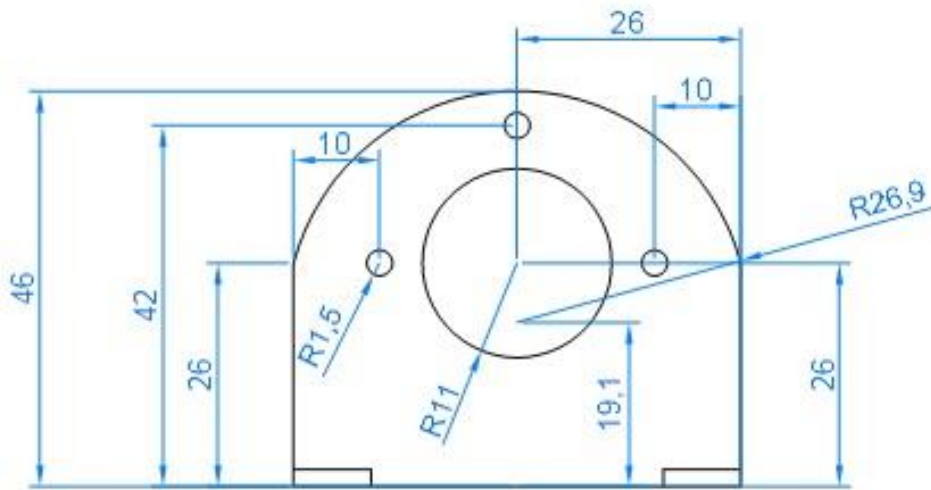
Please note : All dimensions including bore sizes subject to change.  
If a dimension is critical to your application please contact our sales department for confirmation.

## Anexo 8.- Base de la estructura.

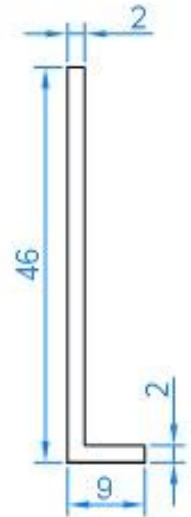


## Anexo 9.- Escuadras de las ruedas.

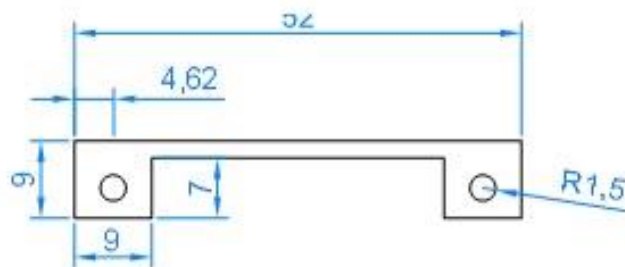
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

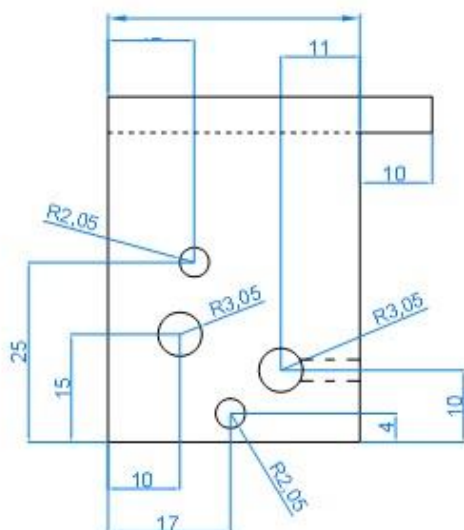


VISTA PLANTA

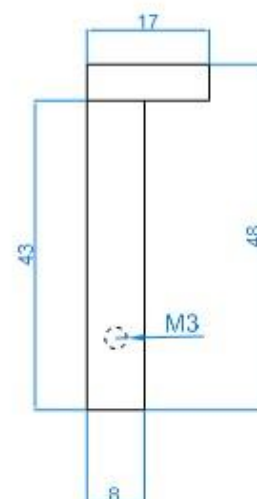


## Anexo 10.- Escuadra delantera del disparador

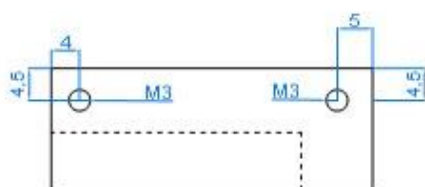
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



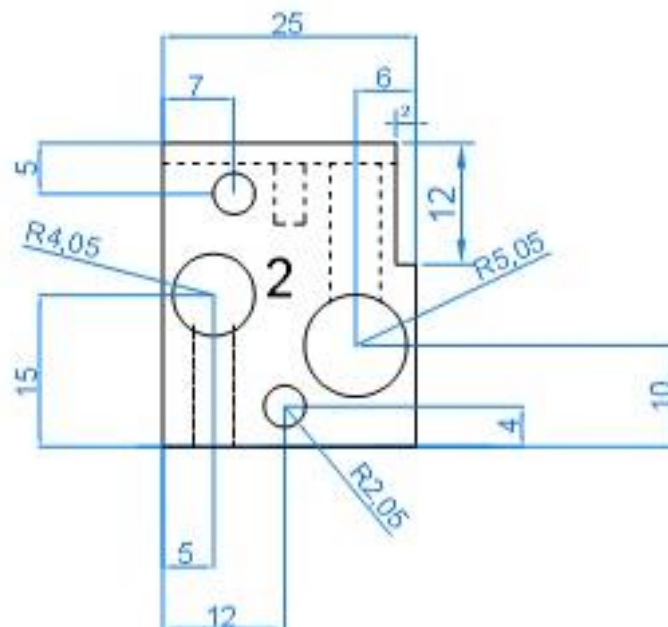
VISTA PLANTA



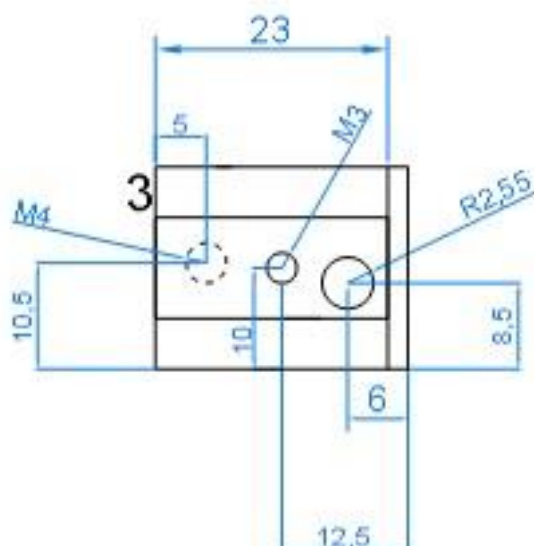


## Anexo 11.- Carrete.

VISTA FRONTAL

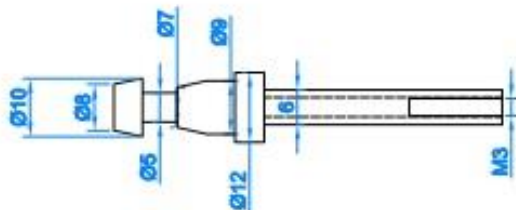


VISTA PLANTA

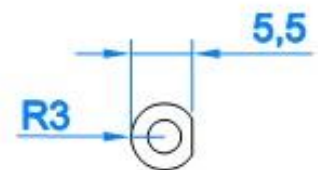


## Anexo 12.- Pistón.

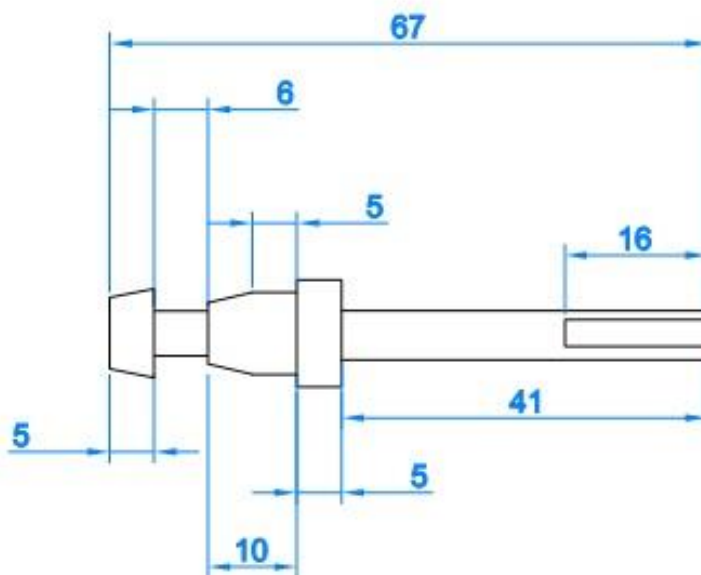
Vista frontal



Vista Lateral

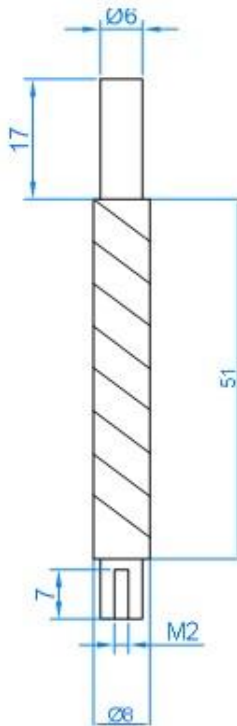


Vista Planta

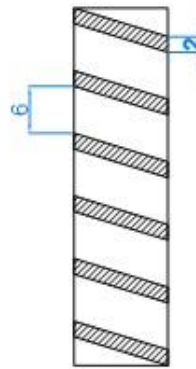


## Anexo 13.- Tornillo sin fin.

VISTA FRONTAL



DETALLE DEL PASO



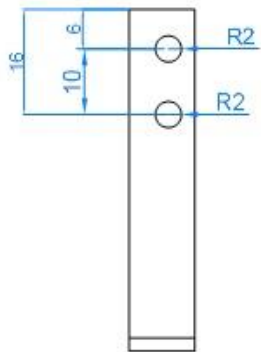
VISTA PLANTA



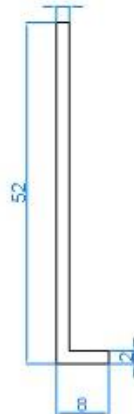
## Anexo 14.- Sistema de gatillo.

ESCUADRA SUJECCIÓN SERVOMOTOR

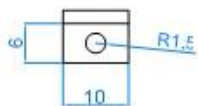
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

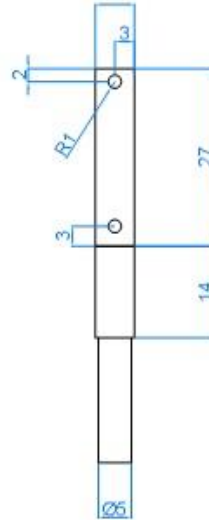


VISTA PLANTA

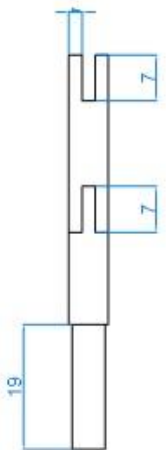


BRAZO ARTICULADO

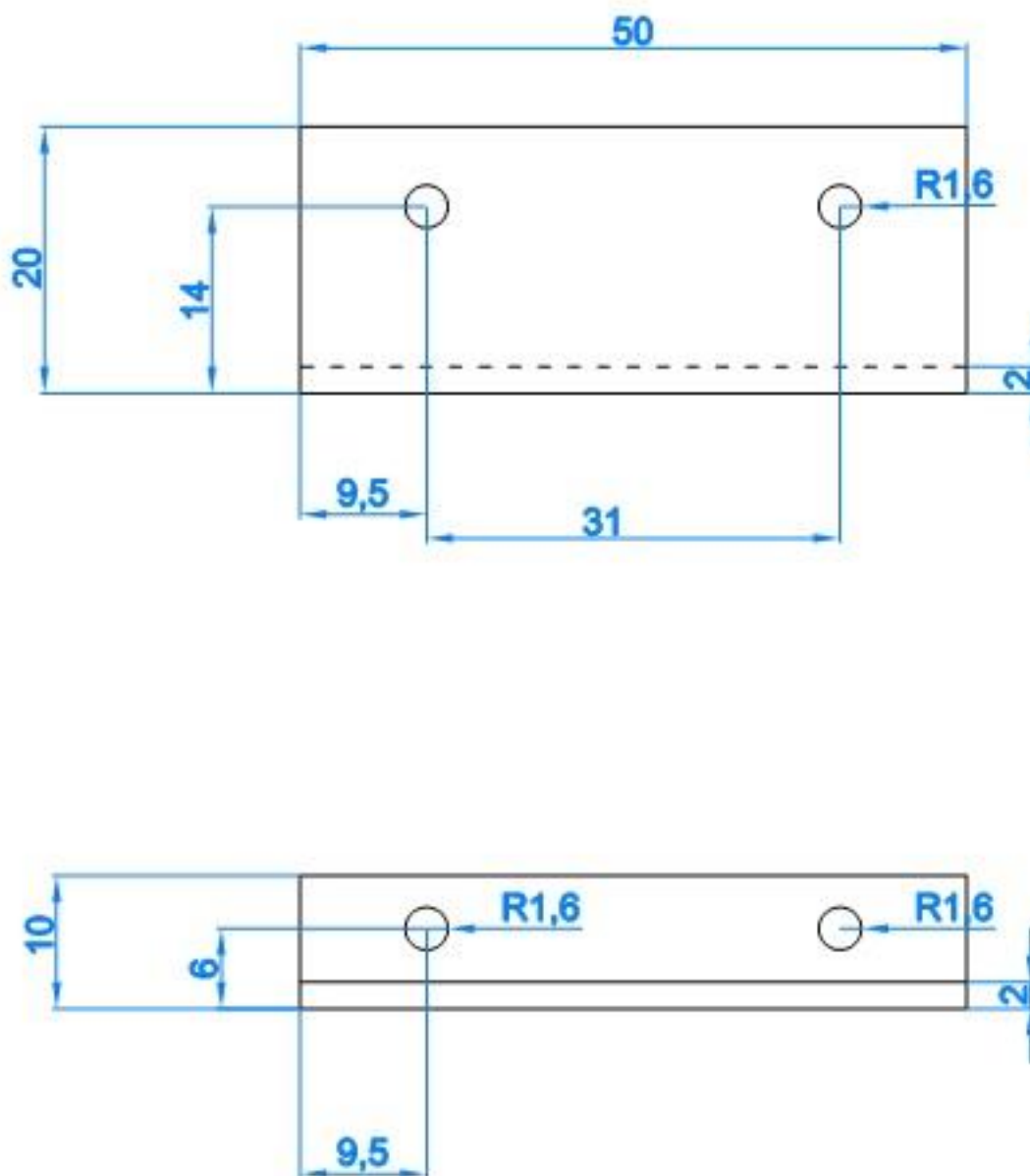
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

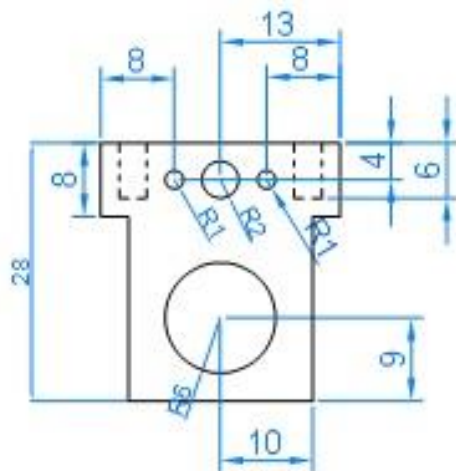


**Anexo 15.- Soporte para el motor del disparador.**

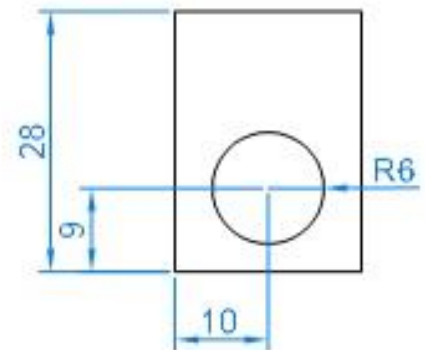


## Anexo 16.- Soportes del dribbler.

VISTA FRONTAL SOPORTE MOTOR



VISTA FRONTAL SOPORTE



VISTA PLANTA

VISTA PLANTA

